

L'Autoguida, proviamo a capirci qualcosa.. Rev 1 31/07/2018

Questo documento ha lo scopo di fornire un supporto a tutti coloro che per qualche motivo si trovano a dover comprendere ed approfondire il funzionamento dell'autoguida, per effettuare riprese assistite di oggetti deep-sky. Dal momento che utilizzo il software open source Open PHD2, si farà esclusivamente riferimento a questo software, tenendo conto che è possibile effettuare l'autoguida anche con altre applicazioni (Astroart, MaxIm, Metaguide), e che probabilmente (sicuramente) questi concetti possono essere applicati anche a questi altri software.

Quanto scrivo, è frutto del lavoro di altri, che prima di me si sono cimentati nel tentativo di approfondire e divulgare questi concetti mediante documenti che si trovano in rete, e mi sembra come minimo doveroso citarli tutti, nessuno escluso: in Italia, Luciano Dal Sasso (Avalon Instruments) e Renzo del Rosso, Bruce Waddington (autore del documento Analyzing PHD2 Guiding Results – A Basic Tutorial, qui riportato e tradotto in italiano), Andy Galasso, autore dell'applicazione PHD2 log Viewer: [//adgsoftware.com/phd2utils/](http://adgsoftware.com/phd2utils/) .

I documenti di questi appassionati si trovano liberamente in rete, e nei forum di Astronomia amatoriale . Infine io , più che altro ho cercato e tradotto questi contenuti, proponendoli in un'ordine che mi è sembrato avere una certa logica. Sono solo un appassionato, non ho basi tecnico/scientifiche rilevanti, e questo lavoro mi serve per rinfrescare certi concetti che mi sono ancora utili, e non ho la minima pretesa di dichiararmi esperto in qualcosa, men che meno nella difficile pratica dell'autoguida, visto che anche adesso mentre scrivo, sto continuando ad imparare qualcosa di nuovo.

Avrei desiderato che questo documento fosse piuttosto sintetico: purtroppo mi sono reso conto che sintetizzare un argomento di questa natura è assolutamente inutile: o si comprende bene il meccanismo, oppure si preme PHD e si spera che vada tutto bene. A volte funziona, altre volte (più spesso), no.

Chiunque si senta libero di contattarmi per segnalare imprecisioni, errori, orrori e fraintendimenti: sarò lieto di rimediare.

Roberto Coleschi, 31/07/2018 robercole66@hotmail.com

Molto sinteticamente: cos'è l'autoguida?

L'autoguida, è una tecnica che si avvale del monitoraggio dei movimenti di una stella (la stella di guida), che viene effettuato con un telescopio in parallelo affiancato al principale, oppure una mediante lo stesso telescopio che effettua la ripresa tramite una guida fuori asse (OAG, off-axis guider), allo scopo di mantenere al centro del campo di ripresa il soggetto inquadrato, ed evitare il mosso nella camera di ripresa, dovuto, come vedremo, a molteplici cause.

Cosa serve per autoguidare?

Fermo restando che abbiamo già a disposizione una montatura equatoriale (compatibile con l'hub software Ascom) ed un telescopio (più o meno astrografo, cioè adatto alla ripresa di immagini, dal campo corretto), oltre che ad una fotocamera per riprendere le immagini (oppure una CCD, o una CMOS), ci servono:

- 1) un telescopio, oppure un cercatore guida, che dovranno essere affiancati molto solidamente in parallelo o a fianco del telescopio di ripresa. Possono andare bene il diffuso acromatico 80/400 della Synta, oppure vari cercatori guida che hanno il focheggiatore elicoidale che facilita la messa a fuoco. In alternativa, una guida fuori asse da utilizzare collegata al telescopio che riprende le immagini (non serve il tele guida).
- 2) Una camera guida: una piccola camera guida, possibilmente monocromatica (specie se useremo la guida fuori asse), Ascom compatibile, che serve per riprendere in loop l'immagine della stella guida ed inviarla al PC, dove sarà velocemente acquisita ed elaborata. Lo spostamento della stella sarà registrato dal software di acquisizione che si occuperà di inviare un impulso in direzione opposta alla montatura, per correggere e mantenere la stella al centro della posizione di blocco (lock).
- 3) Il software necessario per effettuare la guida, PHD2: <https://openphdguiding.org/>
- 4) La piattaforma software Ascom: <http://ascom-standards.org/>

Quale telescopio guida? Quale camera guida?

A questo proposito, la risposta richiede un approfondimento piuttosto lungo: a spanne, se ancora non si è scelto il sistema di guida, bisogna considerare quale sarà il telescopio con il quale effettueremo le riprese (la sua lunghezza focale in mm.), e quale sarà la camera di acquisizione (le dimensioni dei pixel). In base a questi criteri, si potranno scegliere il telescopio guida (o la OAG), e la camera di guida (rigorosamente

monocromatica, specie per l'uso destinato a riprese guidate con una OAG). Un documento scritto da Renzo Del Rosso nel 2006 risulta sempre attuale, con un'utile tool in formato Excel con il quale calcolare agevolmente questi parametri :

<http://www.renzodelrosso.com/articoli/autoguida.htm>

Il foglio in Excel:

<http://www.renzodelrosso.com/download/calcolo%20autoguida.rar>

Il sistema di autoguida (L.Dal Sasso)

Ovvero: come funzionano le cose nella realtà..

Il sistema di autoguida è in sintesi un sistema di "inseguimento " ad anello chiuso che tende a mantenere ferma la stella di guida sullo stesso pixel al fine di garantire stelle puntiformi nel sistema principale di ripresa ed opera con il seguente semplice schema:

Fase 1) scarica il frame e calcola la posizione (in pixel) della stella di guida selezionata (coordinate x,y del centroide della stella)

Fase 2) controlla se c'è uno spostamento (in pixel) rispetto alla posizione di riferimento stabilita

Fase 3) in caso di differenza superiore alla tolleranza stabilita manda un comando ai motori pari all'entità dello spostamento calcolato al fine di riportare la stella nella posizione prestabilita

A questo punto il ciclo si ripete a partire dalla Fase 1

Le principali variabili delle quali dobbiamo tenere conto sono :

A) Focale di ripresa e rapporto tra focale di ripresa e focale di guida: Al fine di avere un basso errore ed una ottimale precisione di correzione è preferibile non scendere troppo con la focale di guida rispetto alla focale di ripresa, consiglieri: focale di guida $> 0,5$ focale di ripresa e nel rapporto va anche considerata la differenza in

dimensione dei pixel dei due sistemi ed il relativo binning usato

B) Velocità del sistema di guida : E' espressa in percentuale rispetto alla velocità siderale ed in genere oscilla tra il 10 % ed il 90% . Per contenere le oscillazioni da sovracorrezione la velocità ideale è quella minima possibile ma che deve comunque consentire il controllo dei picchi massimi della meccanica . In genere la velocità di autoguida deve diminuire all'aumentare della lunghezza focale del sistema di guida ...

occhio quindi alla variabile A !

C) Gioco meccanico : Chiamato comunemente "Backlash" . Le prestazioni peggiorano all'aumentare del gioco

D) Flessioni meccaniche tra il sistema di guida ed il sistema di ripresa : Vanno assolutamente evitate e nelle ottiche a riflessione è molto importante tenere conto dello spostamento dello specchio primario ,in questi casi è preferibile usare una guida fuori asse

E) Durata dell'esposizione della camera di guida : Il tempo di esposizione dovrebbe essere mantenuto il più basso possibile compatibilmente con la qualità della stella guida al fine di avere una buona risoluzione di campionamento in relazione al PE . non dimentichiamo che per ogni secondo/minuto si hanno 15 secondi d'arco , quindi se per esempio usiamo una posa di 10 secondi, tra una posa e la successiva la montatura ruota di 150 secondi d'arco durante i quali non c'è modo di sapere cosa sta esattamente accadendo alla nostra stella e solo la qualità della montatura ci "garantisce" che tutto è a posto !!

F) Bilanciamento del sistema : Un buon bilanciamento riduce le oscillazioni e non sottopone i motori ad un lavoro anomalo. Inoltre in genere per ridurre al massimo l'effetto negativo del Backlash nell'effettuare il bilanciamento ci avvaliamo dell'aiuto dalla forza di gravità aumentando leggermente il peso dal lato del contrappeso quando si punta ad Est e dal lato del telescopio quando si punta ad Ovest ; questo perché la gravità "preme" sugli "ingranaggi" annullando i giochi meccanici , ma ovviamente in prossimità del meridiano si hanno problemi in quanto lo spostamento delle masse da Est ad Ovest non solo annulla il beneficio datoci dalla forza di gravità ma , se non si interviene spostando i pesi , peggiora la situazione proprio a causa del backlash che tende a creare "scatti " sul moto di avanzamento del sistema .Per contro nei sistemi a "Zero Backlash " o senza gioco il suddetto problema non sussiste ed è quindi preferibile avere un bilanciamento accurato al fine di ridurre le sovraoscillazioni dovute all'effetto "pendolo "

G) Tolleranza di intervento del sistema di guida : E' la soglia dell'errore oltre la quale il sistema interviene e generalmente è da tenere prossima allo zero in quanto il sistema di autoguida considera questo valore in assoluto , cioè sia in negativo che in positivo, quindi se impostiamo un valore di 0,5 avremo di fatto già un errore di base pari ad 1 pixel in quanto la correzione verrà effettuata solamente quando l'errore sarà maggiore di +0,5 o minore di -0,5 e questo accade sempre perché il PE si muove sia in senso positivo che in senso negativo: (Ad esempio in PHD questo parametro corrisponde al valore di "Min.motion")

H) Calibrazione : Questo è un punto molto importante in quanto in questa fase si stabilisce l'entità e la direzione dello spostamento che il motori devono fare per riportare

la stella nella posizione fissata , di fatto è una "taratura" di precisione pertanto la qualità della calibrazione determina la qualità dell'intera fase di autoguida non sottovalutatela !!

In realtà ci sono altri fattori minori ma quelli di cui ho parlato sono quelli di maggior peso ed a questo punto è altrettanto chiaro che ogni setup ha una sua "storia" specifica che dipende dalla combinazione dei suddetti fattori ma se dovessi sintetizzare il tutto in una frase suonerebbe all'incirca così :

Procedete con la massima tranquillità (B) controllando spesso cosa accade (E) e cercando di fare meno errori possibili (G).

In aggiunta a quanto sopra dobbiamo considerare che anche l'algoritmo di calcolo del centroide con un cattivo seeing fa molta fatica a mantenere la giusta precisione ed infine non dobbiamo dimenticare che sullo sfondo di questa situazione il PE comunque continua a fare il suo "sporco" lavoro

Quindi conviene comunque guidare con tempi di posa bassi che , seppur "disturbati" dal seeing riescono a controllare più accuratamente il vero problema di sempre : il PE

Semmai in questi casi la modalità più efficace è quella di "addormentare" la risposta dei motori per evitare pericolose reazioni esagerate indotte proprio dal seeing e normalmente questo si può fare attraverso tre modalità diverse:

1) Riducendo la velocità di autoguida

2) Riducendo la durata dell'impulso (pulseguide) di correzione

3) Riducendo il parametro dell'aggressività

Per quello che mi risulta , l'ordine in cui li ho scritti corrisponde anche alla loro efficacia

In genere nei casi "difficili" preferisco lavorare "di fino" sui primi due e lasciare l'aggressività molto alta in quanto è un parametro spesso totalmente gestito dall'algoritmo del software dell'autoguida e ho notato che non agisce sempre nel giusto modo quindi ponendola al massimo viene di fatto annullato ogni ammorbidimento degli interventi lasciando agli altri due il compito di "domare il cavallo" semplicemente osservando con attenzione cosa succede nel grafico mano mano che regoliamo la velocità e/o la durata dell'impulso

E' il caso di spendere due parole anche su velocità e durata dell'impulso

A) Una maggior efficacia si ha usando una bassa velocità di autoguida ed una durata dell'impulso più lunga e di solito funziona bene su montature che hanno un gioco molto ridotto , un PE molto basso ed un ottimo "rotolamento" cioè girano senza attrito od impuntamenti (tipico delle montature di fascia alta)

B) Una più alta velocità di autoguida impone una durata dell'impulso più breve. Questa modalità , che è un po meno efficace in quanto risulta più "nervosa" , è più adatta a montature che hanno un rotolamento più "sporco" , duro ed irregolare , infatti è necessaria più "energia/velocità" per smuoverle ma per un tempo minore a parità di spostamento in pixel (tipico delle montature di fascia economica)

Voglio ricordare che questi sono concetti di massima e le variabili sono tante ed una solo di loro che "sballa" può portare molta confusione e sconforto , ad esempio se usate un newton con lo specchio che si muove vi basterà spostarvi da Est ad Ovest per mettere in crisi vostro "supercollaudato" settaggio dell'autoguida (per la messa a punto del quale avevate già perso 1 ora !) :x

Se eseguiamo la calibrazione in prossimità dell'equatore celeste, cioè con l'asse di DEC ruotato di circa 90 gradi rispetto all'asse di RA , di solito viene facile, veloce ed equilibrata , questo avviene perché in questa posizione il rapporto tra movimento angolare e pixel sui due assi si equivale; invece mano mano che ci allontaniamo dall'equatore celeste sia verso Nord che verso Sud, la velocità di autoguida dell'asse di AR deve essere gradualmente aumentata per compensare il minor spostamento rilevato in pixel a parità di spostamento angolare.

Infatti puntando in prossimità del polo anche se ruotiamo di qualche ora l'asse di AR lo spostamento in pixel su questo asse è praticamente nullo e la fase di calibrazione diventa impossibile !

In realtà durante questo spostamento della DEC dall'equatore ai poli avviene una sorta di compensazione geometrica tra l'influenza dell'errore periodico, la posizione della DEC ed il rapporto movimento angolare/pixel che rende abbastanza usabile anche una calibrazione fatta distante dall'oggetto che vogliamo fotografare ma la cosa migliore è sicuramente effettuare la calibrazione in prossimità dell'oggetto che vogliamo riprendere se vogliamo garantirci una taratura dell'autoguida ottimale.

Infine se vogliamo avere un'idea di quanto va corretta la velocità è sufficiente vedere quanti step di calibrazione impiega la RA in più della DEC , che invece non cambia in relazione alla posizione puntata, questo vale in PHD, mentre se usate Maxim può essere usata la proporzione della lunghezza della "L" che viene mostrata alla fine della calibrazione . In pratica si dovrà mirare ad ottenere in entrambe i casi un'equilibrio tra RA e DEC

Luciano Dal Sasso, Avalon Instruments.

Prima di autoguidare: operazioni preliminari

Quindi, abbiamo installato sul nostro PC la piattaforma software Ascom, il software PHD2, i driver relativi alla gestione di montatura, camera di ripresa, camera di guida,

eventuale autofocus, etc. Fate una prova a casa per vedere se tutto funziona, vi garantisco che è triste arrivare a molti chilometri di distanza e rendersi conto che manca il driver della montatura, il cavo Usb non funziona, etc. A me è successo..

Crea e gestisci un profilo in PHD2

E' assolutamente necessario creare un profilo che contenga tutte le informazioni relative alla strumentazione che utilizzeremo. Questo profilo servirà per la corretta visualizzazione del grafico di guida e dei valori in arcosecondi visualizzati, oltre a far sì che PHD2 possa calcolare per noi i parametri corretti per effettuare il drift alignment, la calibrazione e la guida vera e propria. Prima di creare un profilo, è necessario connettere tutta la nostra attrezzatura a PHD2, accedere all'icona in basso a sinistra "Connetti i dispositivi", gestisci i profili - Nuovo utilizzando l'assistente automatico - e

seguire le istruzioni che appaiono a schermo. E' necessario selezionare la camera di guida, inserire la lunghezza focale del tele guida, in seguito selezionare la connessione alla montatura, e la velocità di guida scelta, infine scegliere un nome per il profilo creato e lasciare che PHD prepari una libreria di dark per migliorare la qualità delle immagini della camera guida. A questo punto, il profilo è pronto per essere selezionato al bisogno, ogni volta che useremo quella configurazione. E' possibile creare numerosi profili, uno per ogni configurazione e lunghezza focale che utilizzeremo.

Livellare il treppiede, bilanciare i carichi orientarsi verso il Nord, stazionare con PHD2 (o con il Polemaster).

Si, livellare il treppiede, ma senza esagerare: una volta che abbiamo stazionato l'asse polare a nord, siamo automaticamente in bolla, anche se la montatura non è perfettamente in piano.

I piani sono pressoché infiniti (ci misi molto per capirlo, ma poi ci riuscii).

Bilanciare i carichi è invece fondamentale, bisogna farlo molto bene, ma in questo documento non parlerò di questo. Bisogna che una volta liberati gli assi di AR e DEC, il telescopio con il suo carico sia bilanciato in ogni parte lo si punti. Se con determinate configurazioni non fosse possibile bilanciare perfettamente, bisognerà far sì che i carichi siano in equilibrio lungo la striscia di cielo sulla quale si effettueranno le riprese.

Molto utile, se si arriva di giorno in un luogo sconosciuto, una bussola (va bene quella sul vostro Iphone, Android, etc.) con la quale orientare l'asse di AR verso Nord. Ce ne sono a basso costo presso i Decathlon.

Lo stazionamento è l'allineamento preciso dell'asse polare al Polo celeste. Visto che abbiamo la possibilità di avere strumenti di misurazione, prenderemo in considerazione lo stazionamento assistito dal software PHD2. Questa tecnica funziona anche se non sono visibili il Nord e la Polare, e la riporto sotto, tradotta da un lavoro di Andy Galasso: Drift Alignment with PHD2, scaricabile in .pdf da qui: <https://openphdguiding.org/tutorial-drift-alignment-with-phd2/>

Il Polemaster (QHY CCD Polemaster) è uno strumento utile e veloce (nonché preciso) se il pattern di stelle vicine alla Polare è visibile, e lo stazionamento con questo ausilio richiede veramente pochissimo tempo, però è un po' caro, e se ne può fare a meno, se si utilizza la procedura descritta in seguito. Il drift alignment in PHD2, richiede mediamente 10/15 minuti, e consente uno stazionamento pressoché perfetto.

PHD2 Drift Alignment (allineamento assistito tramite deriva).

Il drift align in PHD2, può essere usato per ottenere velocemente un preciso allineamento alla Polare sulla tua montatura equatoriale. La procedura richiede un po' di pratica, ma dopo averla ripetuta un paio di volte, sarai in grado di ottenere uno stazionamento molto preciso, in circa 10 minuti di tempo (ho verificato di persona). Questa procedura può essere utilizzata anche se non si vede la Polare perché l'orizzonte a nord ci è precluso alla vista. Per questa operazione è necessario un PC, tablet, etc. che abbia installato PHD2, una montatura equatoriale e una camera di guida compatibili con tale applicazione.

Questa guida, presuppone che il tuo equipaggiamento sia compatibile con lo standard Ascom, anche se è possibile fare un drift align senza essere connessi ad esso.

Preparazione

Accertati che la tua montatura sia livellata *non è necessaria una precisione maniacale.

Accertati che il bilanciamento dei carichi sul telescopio (in entrambi gli assi) sia molto accurato; *in questo caso, è necessario essere molto pignoli. Molta attenzione ai cavi, che vanno fissati in modo intelligente (molto utili le fascette da elettricista, portatele con voi, e alla fine della serata tagliatele via, mettetele in un sacchetto e smaltitele nel modo giusto, senza lasciarle per terra).

Prova ad allineare approssimativamente l'asse polare, utilizzando una bussola (se non vedi la Polare, quando ancora non è buio abbastanza), oppure il cannocchiale polare se la tua montatura ce l'ha. Fai comunque in modo di essere orientato meglio possibile al polo celeste, e che l'inclinazione della latitudine della montatura corrisponda a quella del tuo luogo d'osservazione.

Accertati di poter vedere lo schermo del PC quando sarai in piedi accanto alla montatura.

Avvia PHD2 e connetti la tua strumentazione (montatura, camera di guida).

Dovresti utilizzare una versione aggiornata di PHD2 [2.6.5. or newer.](#)

Queste istruzioni presuppongono che il tuo equipaggiamento sia connesso all'hub software Ascom, così PHD2 ricaverà in tempo reale la posizione del puntamento del tuo telescopio. Puoi effettuare un drift align anche senza una connessione Ascom, vedi [Note about ASCOM.](#)

Effettua la calibrazione su una stella "comoda", preferibilmente di bassa declinazione.

Fai in modo che i settaggi di PHD2 siano impostati correttamente riguardo la lunghezza focale del telescopio guida e le dimensioni dei pixel della camera di guida (Brain => Impostazioni globali, Camera, dimensione dei pixel). I dati relativi alle dimensioni dei pixel li trovate facilmente in rete, e comunque PHD2 li ricava quando si connette la camera guida (perlomeno, con la Lodestar sotto driver Ascom li trova da solo).

Adesso si è pronti per il drift alignment.

PHD2 Drift Alignment (allineamento assistito tramite deriva).

Il drift align in PHD2, può essere usato per ottenere velocemente un preciso allineamento alla Polare sulla tua montatura equatoriale. La procedura richiede un po' di

pratica, ma dopo averla ripetuta un paio di volte, sarai in grado di ottenere uno stazionamento molto preciso, in circa 10 minuti di tempo (ho verificato di persona). Questa procedura può essere utilizzata anche se non si vede la Polare perché l'orizzonte a nord ci è precluso alla vista. Per questa operazione è necessario un PC, tablet, etc. che abbia installato PHD2, una montatura equatoriale e una camera di guida compatibili con tale applicazione. Questa guida, presuppone che il tuo equipaggiamento sia compatibile con lo standard Ascom, anche se è possibile fare un drift align senza essere connessi ad esso.

Preparazione

Accertati che la tua montatura sia livellata *non è necessaria una precisione maniacale.

Accertati che il bilanciamento dei carichi sul telescopio (in entrambi gli assi) sia molto accurato; *in questo caso, è necessario essere molto pignoli. Molta attenzione ai cavi, che vanno fissati in modo intelligente (molto utili le fascette da elettricista, portatele con voi, e alla fine della serata tagliatele via, mettetele in un sacchetto e smaltitele nel modo giusto, senza lasciarle per terra).

Prova ad allineare approssimativamente l'asse polare, utilizzando una bussola (se non vedi la Polare, quando ancora non è buio abbastanza), oppure il cannocchiale polare se la tua montatura ce l'ha. Fai comunque in modo di essere orientato meglio possibile al

polo celeste, e che l'inclinazione della latitudine della montatura corrisponda a quella del tuo luogo d'osservazione.

Accertati di poter vedere lo schermo del PC quando sarai in piedi accanto alla montatura.

Avvia PHD2 e connetti la tua strumentazione (montatura, camera di guida).

Dovresti utilizzare una versione aggiornata di PHD2 [2.6.5. or newer.](#)

Queste istruzioni presuppongono che il tuo equipaggiamento sia connesso all'hub software Ascom, così PHD2 ricaverà in tempo reale la posizione del puntamento del tuo telescopio. Puoi effettuare un drift align anche senza una connessione Ascom, vedi [Note about ASCOM.](#)

Effettua la calibrazione su una stella "comoda", preferibilmente di bassa declinazione.

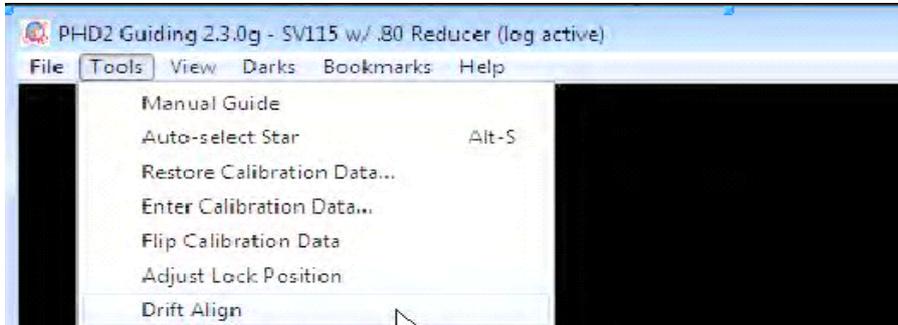
Fai in modo che i settaggi di PHD2 siano impostati correttamente riguardo la lunghezza

focale del telescopio guida e le dimensioni dei pixel della camera di guida (Brain => Impostazioni globali, Camera, dimensione dei pixel). I dati relativi alle dimensioni dei pixel li trovate facilmente in rete, e comunque PHD2 li ricava quando si connette la camera guida (perlomeno, con la Lodestar sotto driver Ascom li trova da solo).

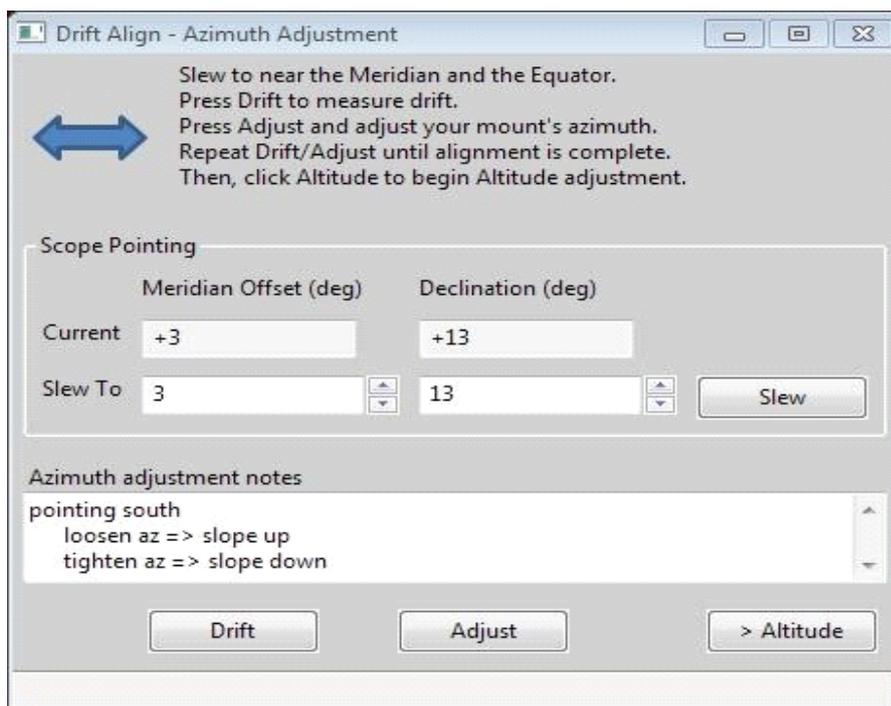
Adesso si è pronti per il drift alignment.

Allineamento in orizzontale (Azimut) <https://it.wikipedia.org/wiki/Azimut>

Apri Tools - Drift Align:



Vedrai una finestra come questa



Posiziona il tuo telescopio per aggiustare l'asse di Azimut. Punta nei pressi del Meridiano e dell'equatore celeste. Puoi anche cliccare sul bottone Slew (e il telescopio punterà da solo), o muovere la montatura manualmente con la pulsantiera. Il tuo telescopio dovrebbe essere posizionato più o meno così:



E la finestra Drift Align dovrebbe essere così:

Drift Align - Azimuth Adjustment

Slew to near the Meridian and the Equator.
Press Drift to measure drift.
Press Adjust and adjust your mount's azimuth.
Repeat Drift/Adjust until alignment is complete.
Then, click Altitude to begin Altitude adjustment.

Scope Pointing

	Meridian Offset (deg)	Declination (deg)
Current	+3	+13
Slew To	3	13

Azimuth adjustment notes

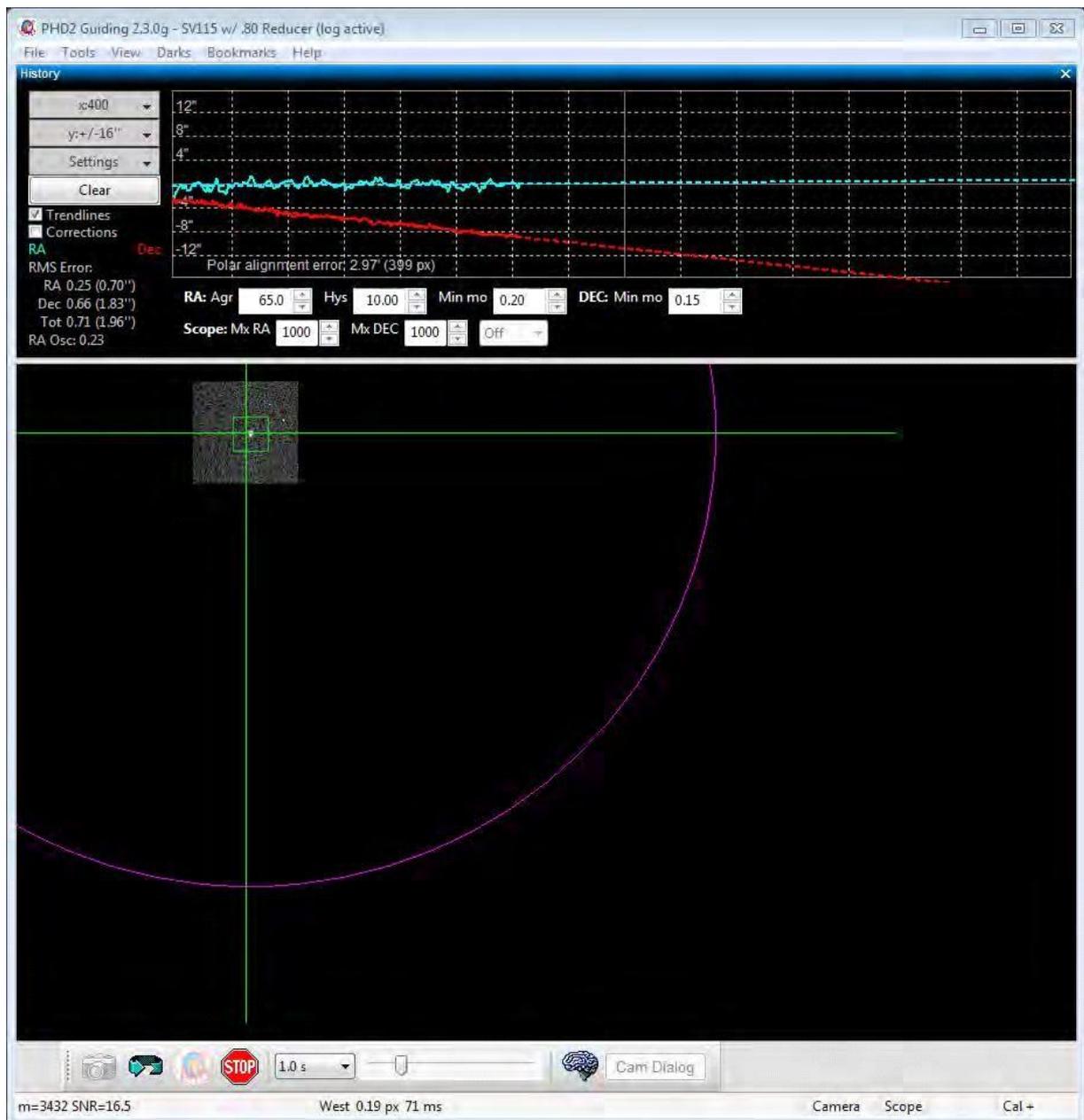
pointing south
loosen az => slope up
tighten az => slope down

Drift Adjust > Altitude

Nota che siamo a pochi gradi dal Meridiano ("Meridian offset"), e vicini all'equatore (valore della Declinazione basso.)

Adesso inizieremo a misurare la deriva (Drift), e ad aggiustare la montature (Adjust). Il valore della deriva in declinazione indicherà l'ammontare dell'errore di allineamento; ogni aggiustamento ridurrà l'entità di questo errore, e potrai ripetere questo procedimento fino a raggiungere un valore prossimo allo zero.

Clicca su Drift per iniziare a misurare la deriva. PHD2 selezionerà una stella e inizierà a guidare. Dopo un po', dovresti vedere qualcosa del genere



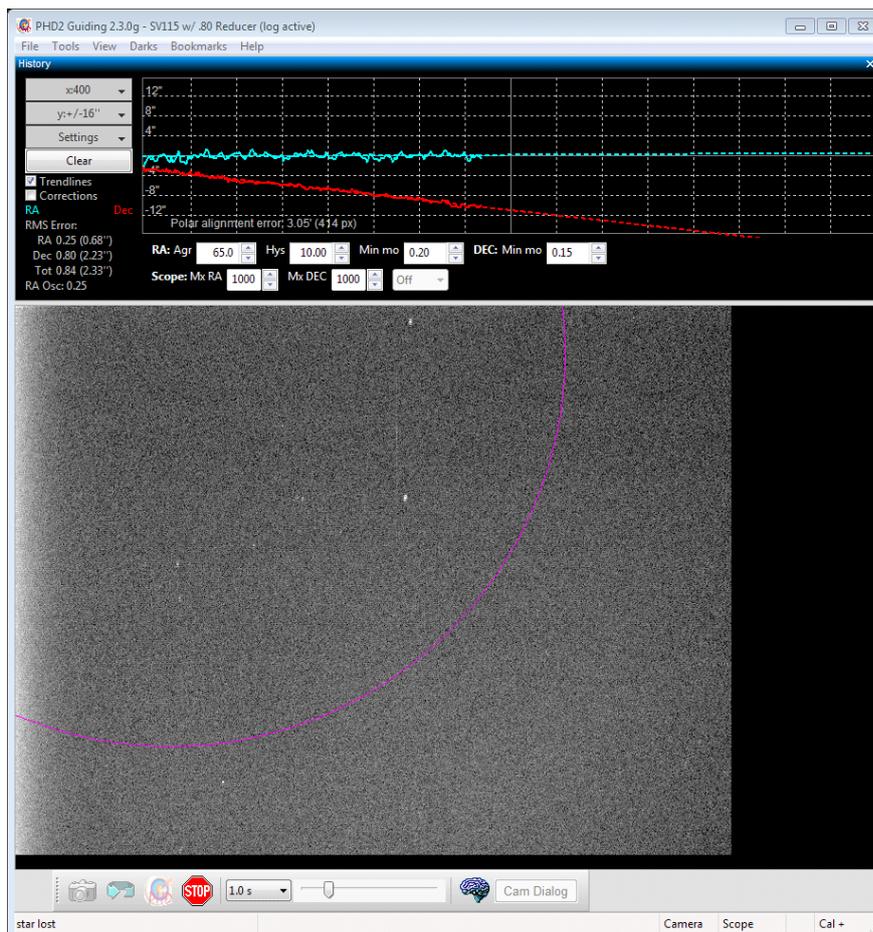
Fai attenzione alla linea di tendenza rossa (trendline) si alternerà su e giù, ma presto si stabilizzerà in un'unica direzione. Quando sarà così, sei pronto ad aggiustare manualmente l'Azimut della tua montatura.

Lo scopo è quello di rendere piatta la linea di tendenza, con nessuna deviazione verso l'alto o il basso nel corso del tempo. Se è la prima volta che provi ad aggiustare l'Azimut, non sai in quale direzione correggere (Est o West?), neanche PHD lo sa,

quindi hai il 50% di probabilità di scegliere la direzione giusta. Se scegli correttamente,

la nuova linea di tendenza sarà più piatta (più vicina alla linea orizzontale di mezzo), se scegli la direzione sbagliata, l'errore aumenterà, e la divergenza dalla linea orizzontale aumenterà.

Clicca sul bottone Adjust. PHD2 fermerà la guida, e tu potrai fare la tua regolazione. Dovresti vedere qualcosa del genere:



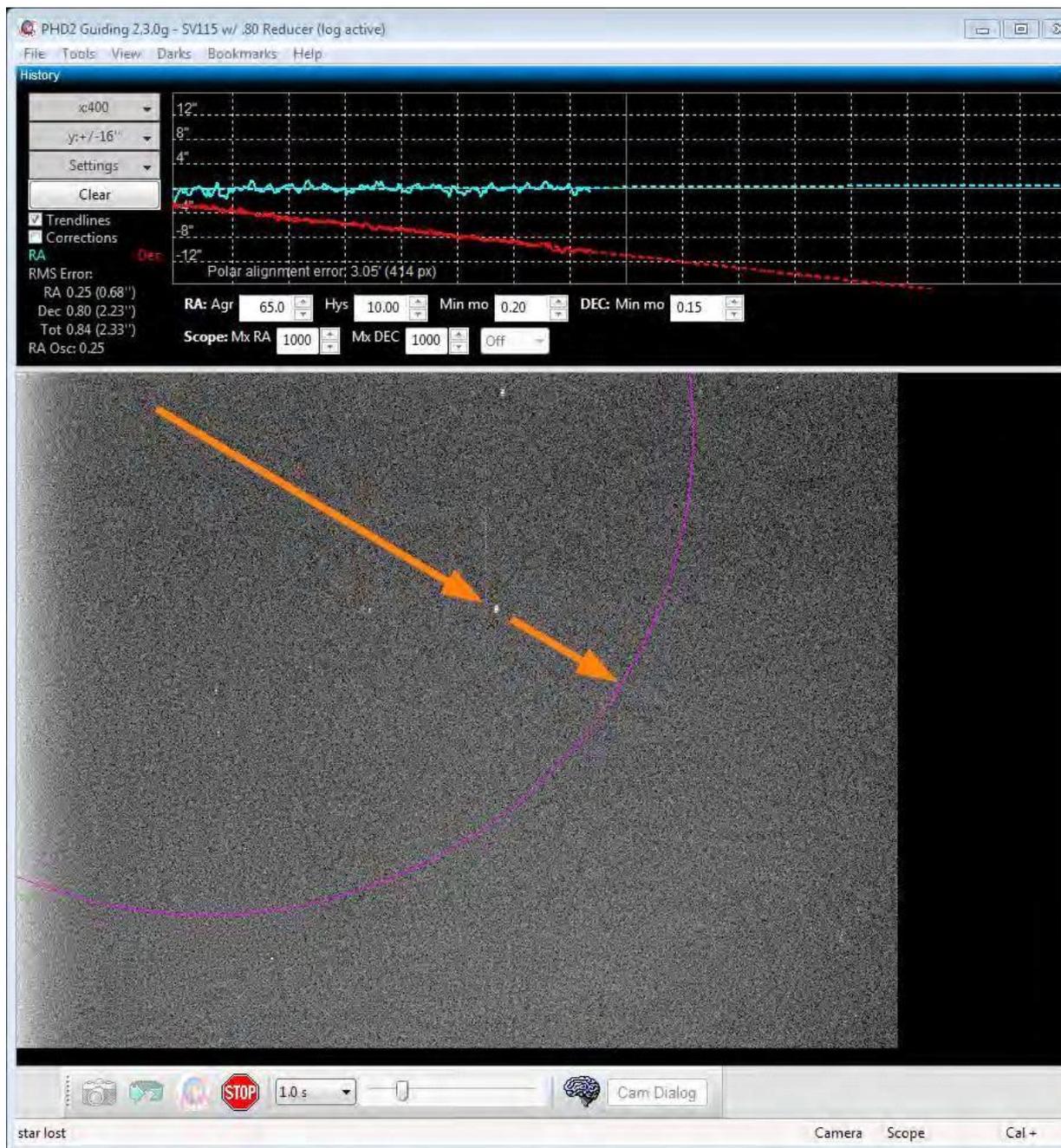
Aggiusta lentamente la manopola della regolazione in Azimut, guardando lo schermo e fai in modo che la stella si diriga verso il circolo color magenta. Il circolo magenta

mostra l'entità dello scostamento della stella guida dal punto ideale. Il cerchio magenta è molto grande quando lo scostamento in Declinazione è ampio. Può darsi che lo scostamento sia così grande, che inizialmente non sia possibile neanche visualizzarlo nello schermo.

Questo potrebbe succedere: se il cerchio non fosse visibile, sposta la stella guida verso

il centro dello schermo (con i movimenti della pulsantiera).

Se vedi il cerchio magenta, devi muovere la stella guida verso il circolo, così:



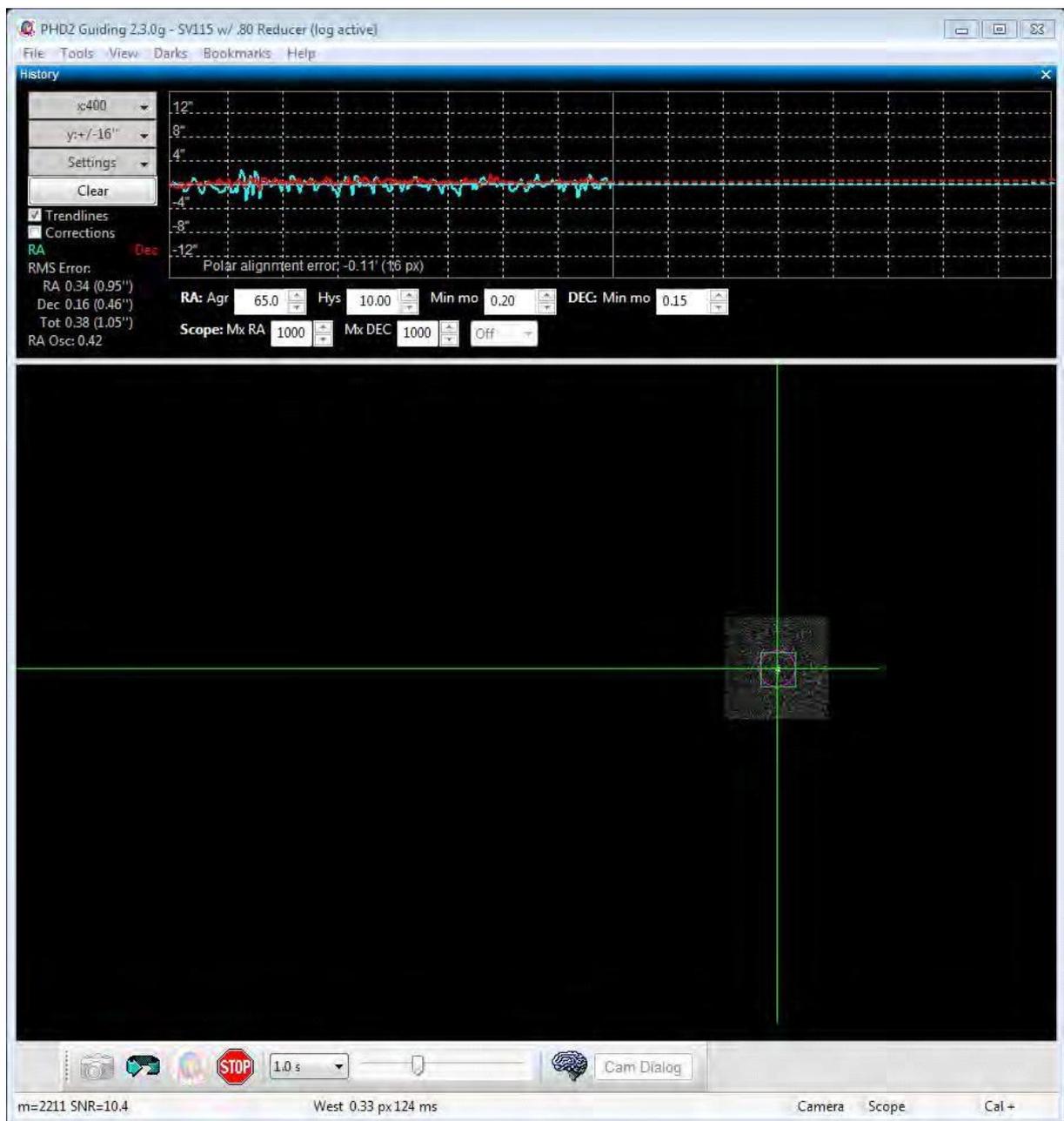
Dopo questo aggiustamento, clicca di nuovo su Drift per fare un'altra misurazione.

Prima di cliccare di nuovo su Drift, è meglio muovere la montatura per ricentrare la stella, o per tornare vicini al meridiano. Puoi anche scegliere un'altra stella guida, o fare in modo che PHD2 ne scelga una.

Dopo un po' di deriva, vedrai un'altra linea di tendenza in Declinazione. È migliorata (più vicina all'orizzontale) o peggiorata (lontana dall'orizzontale)? Prendi nota di questo nell'area "Note di regolazione azimut" per ricordare come hai regolato

l'azimut e in quale direzione è stato effettuato l'aggiustamento. È possibile utilizzare queste informazioni la prossima volta che si effettua la deriva in modo da non dover indovinare in che modo effettuare la regolazione dell'azimut. Ad esempio, con la mia configurazione, ruotando la manopola di azimuth in senso orario si riduce l'inclinazione. Avere la nota, mi ricorda che ho bisogno di girare la manopola azimuth in senso antiorario per far salire l'inclinazione.

Ripeti la misurazione a l'aggiustamento della montatura fino a che non vedrai una bella linea orizzontale come questa:



Allineamento in altezza (Altitude Alignment)

Adesso devi ripetere la procedura per l'aggiustamento della montatura in altezza. Clicca sul bottone Altitude, e ora lo strumento Drift dovrebbe apparire così: Clicca su Slew o sposta manualmente la montatura verso l'orizzonte Est o Ovest..



L'esatta posizione non è importante, 25-35 gradi sopra l'orizzonte andrà bene. Clicca su Drift per iniziare a misurare la deriva.

Misura fino a che non hai una deriva stabile, poi clicca su Adjust e regola la deriva manualmente con le manopole di regolazione dell'altezza (latitudine) Usa le note "Altitude adjustment notes" per registrare gli spostamenti che effettui con la manopola (con il mio setup, giro la manopola dell'altitudine per far diminuire lo scostamento). Proprio come per la regolazione di Azimuth, ripetete i cicli di Drift and Adjust effettuando le misurazioni e spostando la stella guida verso il cerchio magenta. Ancora una volta, l'obiettivo è quello di ottenere la linea dec drift orizzontale.

Note riguardo ASCOM

Le istruzioni e le schermate sopra, si riferiscono a quanto puoi osservare in PHD2 con una connessione ASCOM con la montatura. Se non hai una connessione Ascum, ci sono un paio di cose di cui devi tenere conto:

Le informazioni riguardo al puntamento del telescopio e il bottone Slew sono disabilitati. Dovrai spostare manualmente la montatura verso le destinazioni richieste.

Il cerchio di magenta uniforme, sarà un cerchio magenta tratteggiato. Il cerchio di magenta tratteggiato rappresenta un limite a quanto la stella guida deve muoversi, non la distanza esatta. Sappiamo solo che la stella non dovrebbe oltrepassare il cerchio. Piuttosto che spostare la stella fino alla circonferenza, potresti decidere di spostarla solo a metà strada come ipotesi iniziale. È possibile utilizzare i segnalibri per tenere traccia di dove si trovava la stella guida in ciascuna deriva/regolazione manuale.

Analizzare i risultati di PHD2 – Un tutorial base

Credits: *Bruce Waddington*

bw_msg01@earthlink.net Translate: Google and *Roberto Coleschi*
robercole66@hotmail.com

V 1.0 dicembre 2015

V 1.1 January 2016

Introduzione

Scala dell'immagine e misurazione in arcosecondi.

I fattori che influiscono sulla guida - cattivo seeing, slittamenti meccanici, flessioni, ecc. - creano movimenti della stella guida che è bene misurare e visualizzare in **arcosecondi** ($1 \text{ arcsec} = 1/3600^\circ$) Ecco perché PHD2 vuole conoscere le dimensioni dei pixel della tua camera di guida/ripresa e la lunghezza focale del telescopio/obiettivo di guida/ripresa: può quindi convertire gli spostamenti di dimensioni in pixel che vede sulle immagini della guida in unità di arcosecondi. Questo è ciò che chiamiamo "**scala dell'immagine**"

Le misure lineari sul sensore della fotocamera si traducono in misure angolari. Giusto per essere chiari, 1 secondo d'arco è solo 1/3600 di grado: la dimensione angolare di un oggetto di 0,004 mm mantenuta alla lunghezza di un braccio. Le discussioni su come giudicare le prestazioni della nostra autoguida usando come unità di misura i pixel sono completamente prive di significato, ma spesso si vedono discussioni nel forum di

persone che usano questo metodo. Perché è inutile? Facciamo un esempio semplice:

Supponiamo che tu stia lavorando con un obiettivo di guida separato, con una lunghezza focale di 300mm e una camera di guida con pixel di 5 μM .

Hai lavorato con questa configurazione per un po' e osservi che la maggior parte del movimento della stella nel grafico guida in tempo reale rientra in un intervallo di 0,3 px. Sembra un numero piuttosto buono, quindi forse ti sei persino vantato un po' sui forum di Yahoo. Ma ora si passa a utilizzare una configurazione che prevede l'uso della guida fuori asse e la lunghezza focale del telescopio di guida è 2000 mm, non 300 mm. All'improvviso, il grafico in tempo reale mostra il movimento della stella, enormi oscillazioni di 2 pixel anziché 0,3. È lo stessa montatura, che diamine accade? Deve essere lo stupido software di guida.

Beh, non proprio - non stai prendendo in considerazione la scala dell'immagine. In questo caso (il tele da 300mm) la scala dell'immagine era di 3,4 arc-sec / px, quindi i movimenti di 0,3 px erano in realtà movimenti di 1,02 arco-sec ($3,4 \times 0,3$).

Ma per quanto riguarda la nuova configurazione con guida fuori asse e telescopio da 2000mm? La scala dell'immagine è di 0,52 arc-sec / px, e i movimenti "orribili" di 2 px sono in realtà solo spostamenti di 1,04 arco-sec, in pratica gli stessi di prima.

Puoi usare il calcolatore prima della fase di calibrazione nella finestra di dialogo del cervello (sezione guida) che farà questi conti per te e calcolerà la scala dell'immagine. Ma quello che veramente dobbiamo imparare a fare è pensare sempre alle prestazioni in termini di arcosecondi, e imparare a ragionare in termini di scala dell'immagine. Ovviamente, per questo motivo, i grafici che usiamo con PHD2 sono preimpostati per visualizzare i movimenti della stella guida in arcosec. In linea del tutto teorica, ha senso visualizzare lo spostamento della stella guida in pixel solo se la scala dell'immagine del sistema di ripresa e quella di guida sono perfettamente sovrapponibili: utilizzo di un telescopio con la guida fuori asse, e camera di ripresa che ha i pixel delle stesse dimensioni della camera guida (1:1).

Seeing astronomico e autoguida.

Non si può andare lontano valutando le prestazioni della guida senza fare i conti con il seeing astronomico. Questo è un argomento complesso, che non possiamo approfondire qui. Comunque, ci proviamo: "Seeing" è il termine dato allo spostamento di posizione e all'improvvisa variazione di luminosità delle stelle (o dell'immagine) che vediamo attraverso un telescopio. Responsabile di questo è la turbolenza atmosferica, causata dal movimento di celle termiche nell'atmosfera terrestre, e non c'è praticamente nulla da fare al riguardo. La luce viene rifratta mentre passa attraverso ogni cella atmosferica, quindi quando guardi una stella, stai davvero guardando attraverso una colonna d'aria che si comporta come un insieme di lenti. Potrebbe anche essere ok, tranne che la rifrazione della luce da parte di ogni cella dipende dalla temperatura di quella cella, e le celle generalmente hanno temperature diverse.

E, naturalmente, l'atmosfera è molto dinamica, quindi questi elementi si muovono tutti a varie velocità, entrando ed uscendo dalla colonna d'aria attraverso la quale si osserva o si riprende.

Pensando in questo modo, è una meraviglia che si riesca a vedere e a riprendere praticamente qualsiasi cosa, in particolare con lunghezze focali elevate, il seeing atmosferico è l'unica grande fonte del movimento della stella guida che vediamo, e noi siamo assolutamente condizionati da esso. Non possiamo guidarlo, tenerlo sotto controllo? La risposta breve è "no". La risposta lunga è ugualmente "no". Il movimento delle celle atmosferiche fa sì che la posizione della stella guida cambi a ritmi da 10 a 100 volte al secondo. Non siamo in grado di misurarlo e reagire ad esso abbastanza velocemente, anche usando dispositivi di ottica adattativa a livello amatoriale. Gli

osservatori professionali sono in grado di farlo in larga misura utilizzando dispositivi di misurazione molto costosi, stelle artificiali e meccanismi che possono sia deformare lo specchio e spostare l'immagine a frequenze molto alte. Non è il nostro caso.

Dalla prospettiva della guida, stiamo sempre "sottocampionando" il comportamento del seeing. Nel momento in cui abbiamo preso un frame, scaricato l'immagine, calcolata la posizione della stella guida, e poi trasmesso un comando/impulso di guida, la posizione della stella sul sensore si è spostata - probabilmente 10 o 100 volte.

Fondamentalmente, abbiamo sempre a che fare con informazioni obsolete sulla posizione della stella guida, quindi i comandi della guida sono intrinsecamente imprecisi - e questo non tiene nemmeno conto di eventuali carenze della montatura nell'eseguire precisamente i comandi che la guida riceve.

In sostanza, i movimenti della stelle che possiamo correggere - deriva, errore periodico, rifrazione atmosferica, ecc. - si nascondono in un mare di rumore creato dalle condizioni del seeing. Questa è una profonda limitazione della guida convenzionale e una delle ragioni principali per cui elaborati algoritmi di guida o modelli di controllo di processo hanno difficoltà a produrre significativi miglioramenti rispetto ad algoritmi più semplici. È anche il motivo per cui l'utilizzo di una combinazione di esposizioni molto brevi e parametri di guida molto aggressivi porta inevitabilmente a risultati di guida meno efficaci. (NDT: con alcuni tipi di montature molto reattive, che hanno sistemi di trasmissione particolarmente veloci, guidare con esposizioni brevi può migliorare la qualità finale dell'esposizione.

Seeing e tempi di esposizione sulla stella guida

Il movimento stellare ad alta frequenza, causato dal seeing e osservato dalla camera di guida, è fortemente influenzato dalla lunghezza dell'esposizione.

Man mano che l'esposizione della guida viene aumentata, l'escursione del movimento della stella diminuisce - l'involuppo del movimento stellare scende di un fattore 2X quando si passa da esposizioni da 1 sec a esposizioni da 4 sec. In sostanza, il sensore della fotocamera calcola la media del modello di luce variabile della stella e uniforma il risultato. Queste misurazioni sono ancora inaccurate a causa del sottocampionamento, ma le esposizioni più lunghe rendono più facile per PHD2 isolare e identificare gli errori di frequenza inferiore che possono essere migliorati realmente attraverso la guida.

Ovviamente, esiste un limite pratico al tempo di esposizione. Tipicamente, sarà limitato dal tempo in cui la montatura può funzionare da sola senza bisogno di una correzione. Piccoli errori dovuti a errore periodico, deriva, flessione e altre fonti devono essere corretti prima che diventino abbastanza grandi da rovinare un'immagine. Trovare il giusto equilibrio dipenderà sempre dalle condizioni del seeing e dalla qualità dell'attrezzatura.

Come punto di partenza in PHD2, in genere consigliamo di utilizzare tempi di esposizione di 2-4 secondi.

Introduzione all'analisi dell'autoguida.

Ad un certo punto, alcuni imager sentono il bisogno di analizzare le performance della loro autoguida. Possono provare ad identificare e risolvere problemi particolari, o forse vogliono ottenere le migliori performances dai loro setup. Comunque, i .log files di PHD, sono la migliore fonte di dati disponibile, ed utilizzarli è di gran lunga migliore e più efficace di guardare semplicemente il grafico scorrere. Il grafico è utile come rapido sistema per controllare al volo come vanno le cose, ma una seria ed efficace analisi e messa a punto richiede una finestra temporale molto più lunga di quella offerta dal grafico in tempo reale.

Per fare questo, io utilizzerò un'applicazione di Andy Galasso: **PHDLogViewer** come sistema per mostrare ed analizzare i più comuni comportamenti e problemi che possono manifestarsi durante una sessione di autoguida. Questa è l'applicazione che utilizzo più spesso per aiutare gli utilizzatori di PHD2, e probabilmente servirà anche a te; qui la puoi scaricare ed installare sul tuo PC

<https://adgsoftware.com/phd2utils/>

Ciò di cui discuto in questo documento è semplicemente il risultato della mia personale esperienza, non mi definisco un'esperto di montature né di meccanica, e ancora oggi mi trovo ad affrontare problemi nell'autoguida che non riesco completamente a comprendere e non so spiegarmi. Ma ho utilizzato svariate versioni di PHD dal 2006, e ho analizzato centinaia di .log files generati da PHD, sia miei che di altri utilizzatori di phd guiding. Fortunatamente, ciò che ho imparato può aiutarti a comprendere come funziona la tua autoguida e i risultati che ottieni, o può comunque accelerare la tua curva di apprendimento, anche solo di un po'.

Basi – Una visione d'insieme

Statistiche riassuntive

Quando guardi questi grafici e statistiche, tu vedi le misure in unità di arcosecondi (a-s). Se questo non ti è chiaro, dai un'occhiata a "Scala di immagine e misure in arcosecondi" nell'Appendice. Per ottenere una visione d'insieme della tua guida, inizia guardando i numeri RMS

che appaiono in basso a destra del grafico.



Quando PHDLogViewer carica una sessione di guida, il valore "RMS" è la deviazione standard di tutti i movimenti della stella in quella sessione. In questo esempio, circa il 68% dei movimenti era sotto 0,59 arcosecondi, il resto era più grande. Proprio come un punto di partenza approssimativo, probabilmente vorrai vedere il tuo valore RMS totale da 1 arcsec o inferiore; quanto più basso dipenderà da molte cose, in particolare dalle condizioni del seeing e dalla qualità della montatura.

Ora guarda i singoli valori RMS per RA e Dec per vedere come si confrontano. Con la maggior parte delle montature che ho visto, è normale che il valore di RA sia leggermente superiore al valore di Dec, probabilmente perché il sistema di ingranaggi RA è sempre in funzione mentre il sistema di ingranaggi Dec non lo è. Ci

sono anche alcune cose legate al seeing che possono tendere a rendere gli spostamenti dell'AR un po' più grandi e più frequenti. Tuttavia, se i valori RA e Dec RMS differiscono di una grande quantità, ad esempio 2-3X, è probabile che vedrete le stelle allungate nelle immagini. Quindi cosa succede se questi due valori sono quasi uguali ma sono anche abbastanza grandi? È probabile che porti a stelle gonfie nelle tue immagini, e la tua risoluzione e nitidezza ne risentiranno. Non è sufficiente che le stelle siano rotonde: vuoi che siano piccole e rotonde, dove "piccolo" è determinato dall'ottica piuttosto che da errori di guida. A volte vedrai post sul forum di persone che dicono "Ottengo stelle perfettamente rotonde anche con esposizioni di 30 minuti." Beh, probabilmente è una buona cosa - ma quanto sono grandi quelle immagini stellari, e in che modo le loro dimensioni si confrontano con ciò che ottengono con esposizioni brevi di 10-20 secondi?

Per molti di noi, guidare è un evento scorrevole per tutta la notte, senza nessuna sorta di problemi.

Quando si guardano le statistiche complessive, è spesso necessario filtrare alcuni eventi.

Probabilmente dovrai risolverli ad un certo punto, ma è bene avere un'idea delle prestazioni generali di guida senza avere i numeri falsati da questi eventi insoliti. Considera questa sezione di un .log di guida:



Qualcosa di brutto, di insolito, è successo poco prima delle 22:47, un'enorme escursione in RA che ha portato il totale RMS a raggiungere i 2.6 a-s per il periodo di tempo mostrato. Ma la guida prima e dopo quell'evento sembra molto migliore. Puoi usare PHDLogViewer per isolare quelle parti di grafico, per vedere come stanno andando le cose.

Quando l'ho fatto su questi dati, le statistiche sembravano molto meglio: un RMS totale di 0,5 arc-sec prima e dopo l'evento insolito.

Questo ti dice che la guida generale stava andando piuttosto bene, ma dovrai capire la fonte di questa grande escursione RA. Farlo sarà discusso nella sezione su "Gremlins", fantasmi ndt.

Seeing

Quando guardi un grafico guida, la maggior parte del rapido movimento stellare che vedi è causato dal seeing, qualcosa che non puoi modificare in nessun modo.

Se i movimenti rapidi sono grandi, è necessario controllare il tempo di esposizione utilizzato - tempi di esposizione più lunghi possono aiutare a ridurre il contributo delle rapide oscillazioni dovute al seeing che vedi (vedi Appendice).

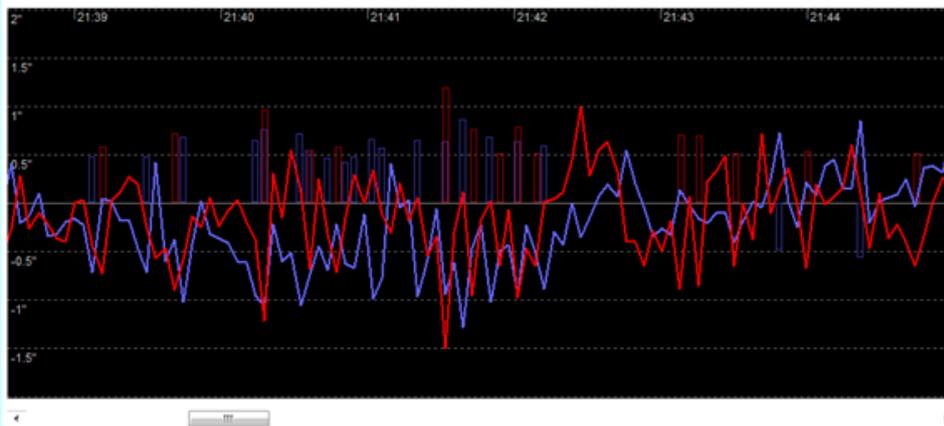
Queste rapide escursioni si riflettono nelle statistiche RMS e possono anche essere il principale contributo a queste. Può essere utile eseguire periodicamente l'Assistente alla guida per avere un'idea delle tipiche condizioni di seeing sul tuo sito.

Lo scarso seeing non può essere corretto guidando e dovrai semplicemente fare il meglio che puoi. Nel corso del tempo, probabilmente imparerai cosa aspettarti nella maggior parte delle notti e riconoscerai rapidamente gli effetti del seeing quando guardi i grafici della guida. Tuttavia, se stai "inseguendo il seeing" a causa di scelte sbagliate nei parametri di guida, vedrai che molti di questi movimenti stellari indotti dal cattivo seeing attivano le correzioni dell'autoguida, e questo spesso si tradurrà in uno

schema a dente di sega nel grafico. L'identificazione di questo tipo di problemi verrà trattata in seguito.

Cosa mostra il grafico

Quando guardi i dettagli mostrati nel grafico di guida, normalmente inizierai osservando due cose: quanto la stella guida si è spostata da un'esposizione a quella successiva e come PHD2 ha reagito a quello spostamento. Ecco una parte tipica di un grafico guida ingrandito per mostrare i dettagli:



Il movimento delle stelle viene mostrato dalle linee adiacenti, blu per RA e rosso per DEC. I rettangoli mostrano i comandi guida generati da PHD2 e le loro altezze indicano le dimensioni relative degli impulsi di guida (MaxRA MaxDEC). Non invertire la convenzione su / giù per visualizzare i rettangoli. Questo orientamento è stato scelto per ridurre la confusione, e, poiché è più intuitivo, si desidera che il comando "spinga" la stella nella direzione opposta al suo movimento apparente.

Se osservi attentamente, i rettangoli seguono sempre il movimento stellare di una piccola quantità perché PHD2 sta reagendo alla mossa vista nell'esposizione precedente. Quello che vedete qui è piuttosto tipico - a volte basta un impulso di guida per ripristinare l'ordine mentre in altri casi può richiedere più impulsi di guida nella stessa direzione. Vedrai che alcuni spostamenti stellari non attivano affatto impulsi di guida. Questo di solito è dovuto all'impostazione "min-move" per quell'asse ma può anche essere dovuta allo smorzamento intenzionale negli algoritmi di guida.

È inoltre necessario prestare attenzione alla scala all'estrema sinistra per mantenere le cose nel contesto. I principianti spesso guardano questi grafici e pensano che la guida sia orribile perché sembra che ci sia così tanto movimento. Ma il movimento che vedete qui rientra

in un intervallo di +/- 1 secondo d'arco, e riguarda l'errore RMS totale per questa sezione.

Problemi semplici

Per riscaldarci, iniziamo con l'osservare alcuni episodi facili da diagnosticare. Uno dei più facili è qualcosa che somiglia a questo:



Wow! Grafico assolutamente perfetto, la stella guida non si è mai mossa!

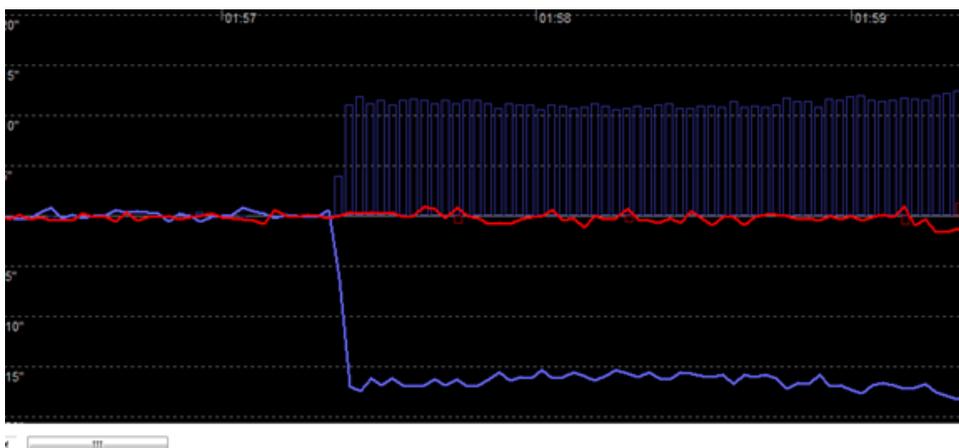
Ehm ... no, questo è quello che succede quando stai guidando su un pixel caldo, che è lo stesso di quello che non guida affatto. Questo dovrebbe quasi mai accadere, ma se lo fa puoi provare quanto segue:

- Lascia PHD2 selezionare automaticamente la stella guida (Alt-s).

Può essere difficile distinguere visivamente un pixel caldo da una debole stella guida quando si sta solo guardando il display.

- Assicurati di utilizzare una libreria di dark o una mappa con pixel difettosi.
- Applicare un filtro di riduzione del rumore 2x2 o anche 3x3 (finestra di dialogo cervello / scheda videocamera).

Ora esaminiamo un altro problema, uno più probabile che si verifichi se si utilizza un cavo guida collegato alla fotocamera e l'interfaccia di guida ST-4 del supporto:

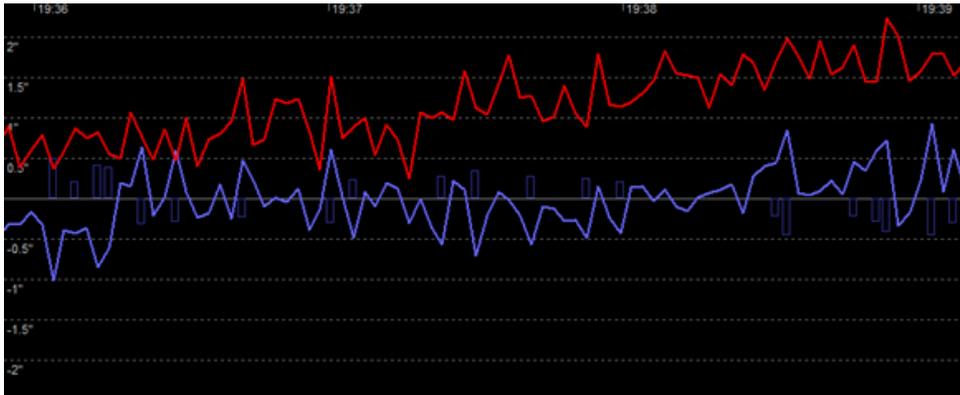


Sembra che la guida sia iniziata in modo corretto, fino a quando la stella non ha fatto un grande balzo verso ovest (in basso). Ma in questo caso, PHD2 non è mai stato in grado di recuperare. Guarda il flusso continuo di comandi della guida "est" che sono stati inviati per i seguenti due minuti: non è successo nulla! La stella guida non è mai tornata alla sua posizione di partenza e in effetti ha continuato a spostarsi più a ovest con il passare del tempo. La diagnosi? Il cavo di guida era guasto, e i comandi della guida est non venivano mai ricevuti dalla montatura.

La sostituzione del cavo guida ha risolto il problema. Questa non era l'unica spiegazione possibile, ma era la cosa ovvia da

provare perché un guasto al cavo di guida ST-4 è piuttosto frequente.

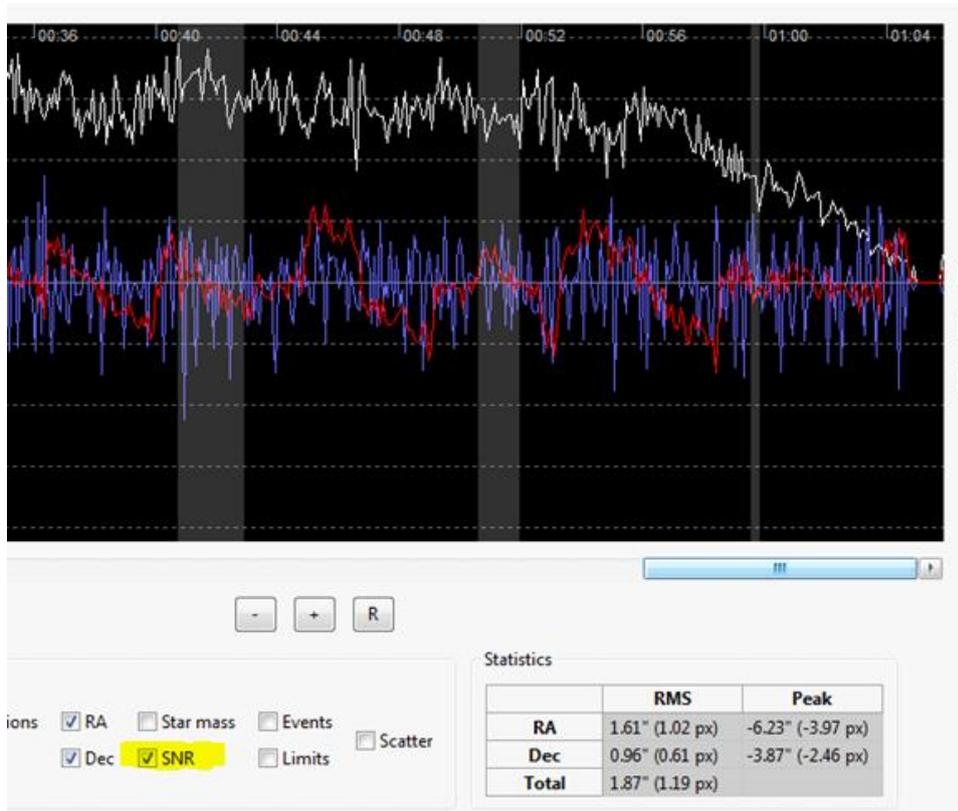
Eccone un'altra facile, anche se non potresti vederla mai:



Ancora una volta, la sessione è iniziata normalmente e i risultati della guida erano piuttosto buoni per RA (blu). Ma la stella guida stava andando alla deriva verso nord (DEC, rosso) e non era stata compensata - quindi questo è un altro cavo difettoso?

No. Si noti che non sono visualizzati rettangoli rossi, il che significa che PHD2 non ha mai generato alcun comando di guida per ripristinare la posizione della stella. Perché è successo?

Possiamo terminare il riscaldamento con un altro esempio, che potresti osservare in qualche occasione:



In questo caso, abbiamo controllato la casella SNR nella parte inferiore della finestra per vedere come si comportava il rapporto segnale / rumore della stella. Questo è indicato dalla linea bianca nella parte superiore del grafico. In questo caso, l'SNR ha iniziato a scendere intorno a 0:56 e ha continuato a peggiorare, probabilmente a causa delle nuvole. Questo porta spesso a peggiorare i risultati di guida, quindi è sempre bene controllare questo se stai iniziando a indagare su un problema.

Il punto di questi semplici esempi è solo per aiutarti ad abituarti a guardare i grafici e a porre le domande di base: in che modo la stella guida si è spostata sul sensore, quali comandi guida sono stati generati come risultato e come ha risposto la montatura a quei comandi? Naturalmente, potresti non vedere problemi così semplici, ma le domande e la metodologia di base possono essere applicate a situazioni più complicate.

Grandi escursioni improvvise "Gremlins"

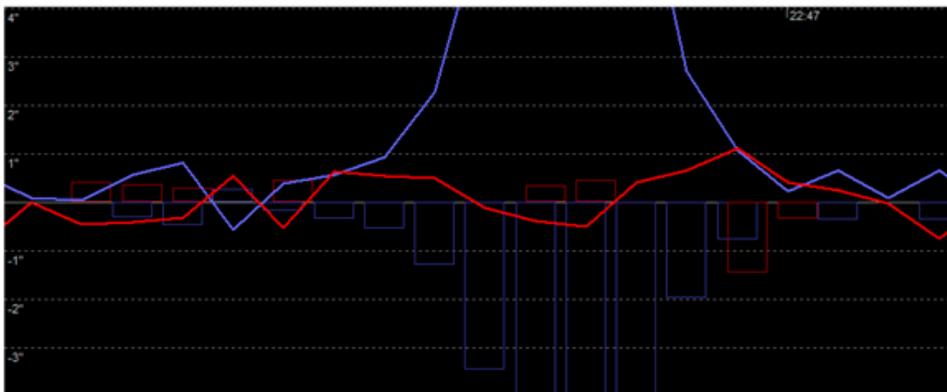
Prima o poi, la maggior parte degli imager si troveranno ad affrontare improvvisi e grandi movimenti della stella guida - il grafico precedente mostra uno di questi esempi. La prima cosa che i principianti spesso chiedono è una domanda del tipo "uovo o gallina" - è qualcosa che è appena successo o è stato causato da qualche malfunzionamento del comando di guida da PHD2?

In ogni caso che ho visto, la risposta è la prima, e dovrai rintracciare la fonte di questo "gremlin"

Basta ingrandire il grafico guida PHD2 e guardare nella regione immediata della grande mossa - è iniziato con un comando guida ridicolmente grande o ci sono semplicemente

un gruppo di comandi guida che lo seguono mentre PHD2 cerca di riportare la montatura in posizione.

Esaminiamo nuovamente l'esempio precedente, ma questa volta eseguiremo uno zoom in avanti e guarderemo da vicino cosa è successo quando la guida RA "è impazzita":



Vediamo che la guida stava andando normalmente sul lato sinistro del grafico prima del grande picco verso l'alto. In particolare, non c'era un enorme impulso di guida che causasse il movimento della

stella sul sensore. Invece, vedi PHD2 che reagisce * dopo che * la stella guida si è spostata fuori bersaglio inviando un flusso di 9-10 impulsi di guida RA nella direzione opposta. Quindi "qualcosa è successo" per causare questo problema - una sorta di evento meccanico che ha dato il via all'intera cosa, non qualcosa causato da PHD2.

Sfortunatamente, questo è un problema molto comune, in particolare per i set-up che non sono installati in modo permanente in un osservatorio. Peggio ancora, il registro guida non ti dà molto aiuto nel capire cosa ha causato il picco, e le possibilità sono apparentemente infinite. Una cosa che può aiutare è quella di comprendere quanto poco movimento sia necessario per causare questi eventi, in particolare se si sta utilizzando un set-up che ha una lunga focale. Posiziona il tuo monitor in modo che tu possa vederlo da vicino al telescopio, quindi inizi a fare il loop su una stella. Ora agisci delicatamente su varie parti del gruppo del telescopio di guida e tira delicatamente i vari cavi.

Ti accorgerai di quanto sia facile creare grandi escursioni (picchi) con la stella guida.

Ecco alcune delle cause più comuni di questi problemi:

- Qualsiasi tipo di allentamento e tensione nell'assemblaggio di treppiede, colonna, montatura e telescopio.
- Trascinamento dei cavi
- Raffiche di vento
- Qualsiasi cosa che agisca nei dintorni del telescopio, treppiede, fotocamera, anche il semplice camminare.

Il trascinamento dei cavi è un problema particolarmente comune, motivo per cui gli imager esperti eseguono un accurato lavoro di fissaggio e protezione. Soprattutto nei climi freddi, questi cavi diventano rigidi e non flettono più, quindi se toccano o sfregano contro qualcosa di rigido, probabilmente avrete problemi di guida.

Ovviamente, la lista delle possibilità è infinita. Alcune delle cause riportate possono essere piuttosto divertenti, a patto che succedano a qualcun altro :-)

Ecco alcuni esempi del mondo reale:

- Il gatto di famiglia che fa capolino nell'osservatorio alle 3:00 del mattino
- Gufi che si depositano all'estremità del tubo del telescopio
- Lasciando una sedia osservativa a rotazione verso la fine dell'asse di declinazione (ok, quello ero io)

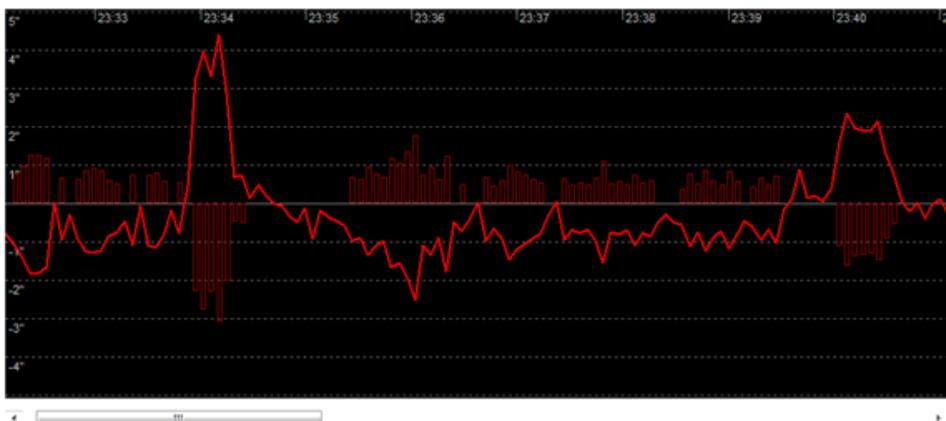
Problemi più complicati

Andando oltre questi esempi abbastanza semplici, potresti incontrare problemi un po' più complessi. Spesso, è possibile farsi un'idea sul fatto che la montatura stia sottocorreggendo (rimanendo indietro) o

correggendo eccessivamente (creando oscillazioni o modelli di dente di sega). Questi tipi di problemi sono trattati di seguito.

Problemi di sottocorrezione

La forma più comune di sotto-correzione è qualcosa che è probabile che tu possa vedere: il backlash in declinazione. Ecco un esempio abbastanza tipico:



Per sottolineare il problema, ho scelto di visualizzare solo il comportamento della DEC. Si può vedere che la montatura diventa abbastanza insensibile ogni volta che c'è un cambio di direzione per i comandi della guida. Quando ciò accade, occorrono molti impulsi di guida nella direzione opposta per

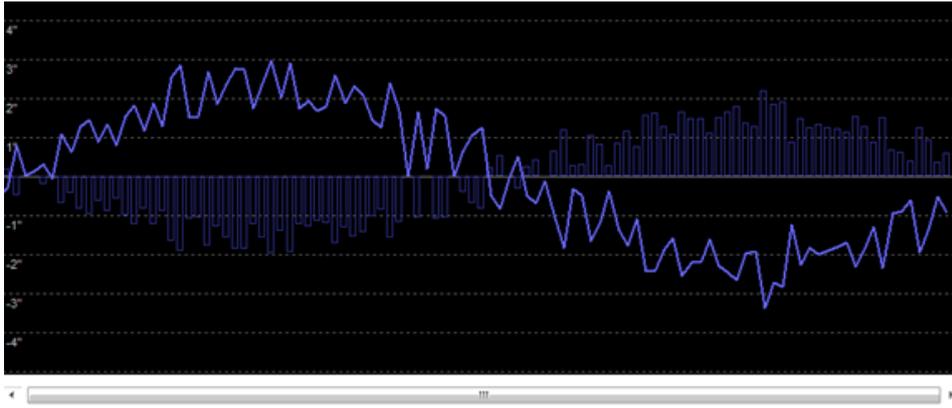
riportare la stella al punto di destinazione. Questo è un sintomo piuttosto normale del backlash.

La maggior parte delle montature con vite e corona, presenta questo problema in una certa misura, ed è causato dal gioco nell'accoppiamento degli ingranaggi.

È necessaria una certa quantità di gioco per evitare il grippaggio degli ingranaggi, però bisogna stare molto attenti che non diventi eccessivo. Gli algoritmi di guida per la declinazione fanno un ottimo lavoro nel minimizzare le inversioni di direzione e la funzione di compensazione del gioco di declinazione, e PHD2 può aiutare a controllarla se il backlash intrinseco non è troppo grande.

Migliorare la risposta della montatura è sempre un buon primo passo, assumendo che si abbiano i mezzi per regolare l'accoppiamento degli ingranaggi. In caso contrario, potrebbe essere necessario guidare in una sola direzione per la declinazione, come descritto nel documento guida a PHD2. Si noti che questo problema non si verifica quasi mai in RA se si utilizza una velocità di guida di 1X siderale o inferiore. Questo perché il sistema di guida RA non dovrà effettivamente invertire la direzione. Invece rallenterà o si fermerà per la lunghezza dell'impulso di guida e continuerà a ruotare nella stessa direzione.

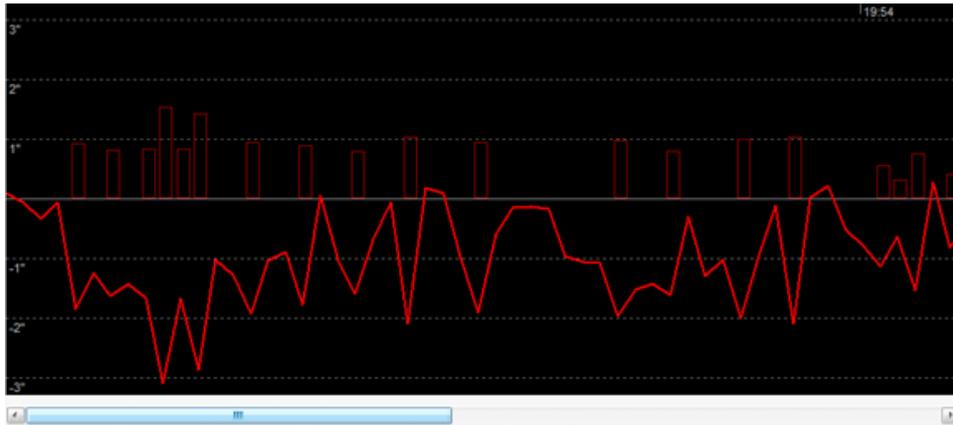
Anche se è improbabile che si veda il backlash in RA, c'è un altro problema che sembra in qualche modo simile:



Questa volta, stiamo osservando i dati della RA e possiamo vedere che PHD2 non è stato in grado di tenere il passo con i movimenti della stella di guida. Ma sappiamo che non è backlash, per la ragione sopra descritta. L'indizio è l'aspetto sinusoidale della curva, che è molto indicativo dell'errore periodico di RA. In questo caso, l'errore periodico nella montatura era enorme, e la combinazione di un tempo di esposizione lungo e di parametri di guida conservativi significava che PHD2 era sempre "dietro la curva". Questo è il motivo per cui si consiglia sempre di applicare la correzione dell'errore periodico,

supponendo che l'opzione sia disponibile. Se ciò non può essere fatto, probabilmente dovrai usare tempi di esposizione della guida più brevi, per evitare di restare indietro. Un buon modo per confermare la diagnosi è eseguire l'assistente di guida PHD2 e misurare il comportamento della montatura con guida disabilitata. Dovrai osservare il comportamento della stella almeno per la durata di un ciclo di rotazione della vite senza fine della montatura, di solito qualcosa nell'intervallo di 6-8 minuti o giù di lì.

Un problema simile può essere osservato anche in DEC:



Anche in questo caso, PHD2 non è stato in grado di mantenere la stella di guida vicino alla sua posizione (la linea centrale). Tutti gli impulsi di guida erano nella stessa direzione, quindi sappiamo che non è un problema di gioco. Invece, questo è un sintomo di errore di allineamento polare molto grande. Le correzioni necessarie per mantenere la stella della guida sul bersaglio erano grandi e dovevano essere applicate frequentemente, ma anche in questo caso non riuscivano a riportare la stella al centro. Per la declinazione, non c'è niente di sbagliato che le correzioni avvengano da un solo lato, questa è anche una buona cosa. Ma se le correzioni non stanno funzionando, ovviamente non va. Per verificare la diagnosi di un errore di allineamento polare di grande entità, utilizzare l'Assistente guida. Se possibile, utilizzare il PHD2 alignment o il Polemaster prima dell'inizio della sessione fotografica.

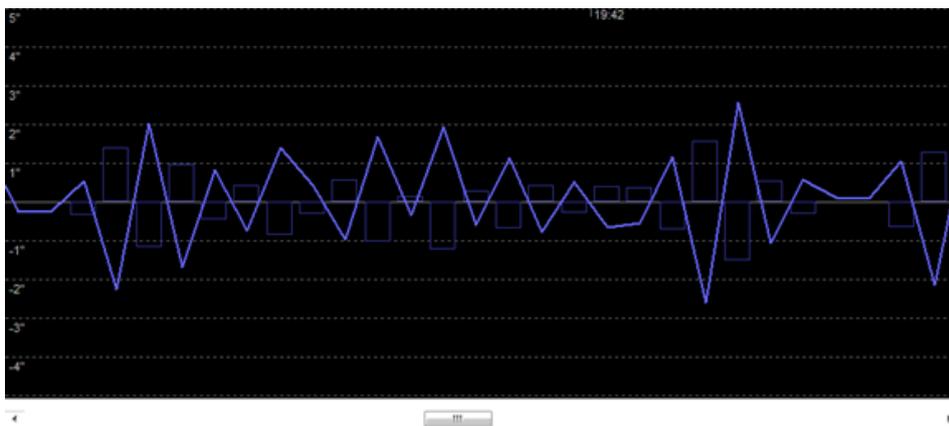
Altre variabili possono portare a guidare in sottocorrezione, ma di solito sono più complicate e richiedono una buona comprensione degli algoritmi di guida. Come regola generale, puoi prendere in considerazione la possibilità di ridurre un'impostazione di MIN MOVE o aumentare l'aggressività se sei completamente convinto che il problema non sia causato dalla meccanica della montatura. Dovresti anche essere sicuro di utilizzare un algoritmo di guida appropriato. Gli algoritmi Resist-Switch, LowPass e LowPass2 applicano molto smorzamento e sono i migliori per la declinazione.

Tuttavia, possono causare una sotto-correzione quando vengono applicate all'asse RA. Viceversa, l'algoritmo di Isteresi è generalmente adatto per RA, ma può portare a troppe inversioni di direzione e oscillazioni quando applicato a Declinazione. Queste sono generalizzazioni, ovviamente, ma è meglio attenersi alle scelte

dell'algorithmo predefinito fino a quando non si ha una chiara idea di ciò che si sta facendo.

Problemi con la sovracorrezione

La fonte più comune di apparente sovra-correzione è "rincorrere il seeing". Ecco un esempio:

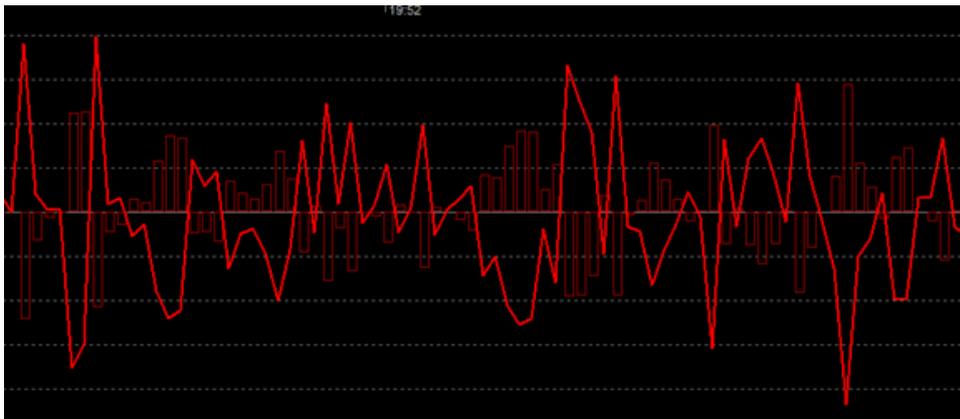


In questo caso, possiamo vedere che le correzioni in AR venivano applicate dopo ogni esposizione e spesso invertivano la direzione. Il risultato è stato un modello a dente di sega e nessuna reale stabilità

nella guida. Una causa comune di ciò in RA è l'utilizzo di un'impostazione MIN-MOVE troppo piccola per le condizioni di seeing di quella notte o un tempo di esposizione troppo breve (ad esempio 1 secondo). Provando a reagire a ogni flessione della stella guida, PHD2 stava cadendo vittima del problema di sottocampionamento descritto in appendice. Aumentare l'impostazione MIN-MOVE o forse il tempo di esposizione può aiutare a migliorare questa situazione. Puoi anche eseguire l'Assistente Guida per un paio di minuti per ottenere una misura del comportamento di seeing di quella notte e un suggerimento per un'impostazione appropriata del movimento minimo. Se si ritiene che l'impostazione MIN-MOVE sia corretta, è possibile ridurre lentamente l'impostazione dell'aggressività AR o

aumentare il valore dell'isteresi RA. Ma devi stare attento a fare questi cambiamenti, assicurandoti di avere abbastanza tempo per valutare ciò che ogni cambiamento ha fatto. Questo processo di regolazione verrà descritto in una sezione successiva.

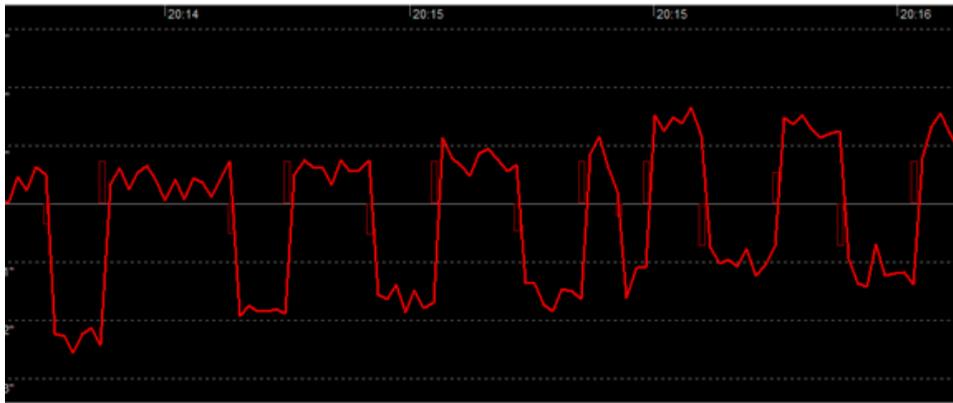
La correzione eccessiva può verificarsi anche in Declinazione, ancora causata da un valore di spostamento minimo MIN-MO troppo basso:



Ci sono due cause probabili per tutte queste oscillazioni in DEC: gli effetti del seeing e uno sforzo inutile per correggerli. In questo caso, l'utente ha specificato un MIN-MO di zero!

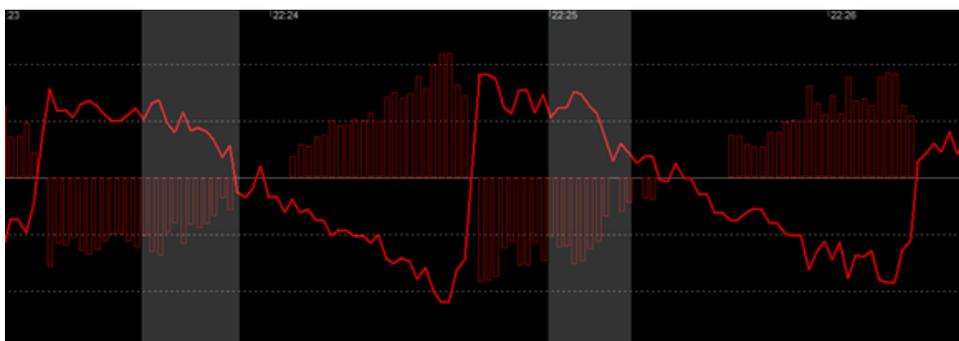
Ricorda che il motore Dec sarà disattivato per la maggior parte del tempo e in realtà deve solo emettere comandi di guida per modifiche lente e costanti. Potrebbero essere necessari comandi poco frequenti per correggere le escursioni del seeing più grandi (colpi di vento) o piccoli problemi meccanici, ma questi sono relativamente sicuri e poco probabili per creare il tipo di instabilità visto in questo esempio. Come accennato in precedenza, è possibile attivare la sovracorrezione in Declinazione se si utilizza un algoritmo di guida troppo aggressivo come l'isteresi.

Un'altra forma di oscillazione in DEC può essere causata dall'aver impostato la compensazione del backlash nella montatura:



Qui stavano succedendo due cose. Prima di tutto, ogni volta che PHD2 emetteva un impulso di guida in DEC, c'era una grande escursione. In secondo luogo, questo ha causato un rallentamento dell' algoritmo di guida di DEC, non volendo portare il sistema all'instabilità con oscillazioni sempre più grandi. Una volta che l'algoritmo ha deciso che la stella non avrebbe dovuto riprendersi da sola, emetteva un altro impulso di guida nella direzione opposta e il ciclo continuava. Tutto ciò è stato causato dall'aver impostato un parametro di compensazione del gioco nella montatura. Una volta che è stato impostato a zero, l'oscillazione è scomparsa. La funzione di compensazione del gioco in PHD2 è diversa perché si regolerà automaticamente per evitare queste oscillazioni e sembra funzionare piuttosto bene per le montature con un modesto gioco di DEC. Le impostazioni del backlash direttamente nella montatura non funzionano quasi mai quando guidi (meglio lasciare scegliere gli algoritmi di guida).

La sovracorrezione in DEC può a volte essere innescata da un problema e poi esacerbata da qualcos'altro. Sfortunatamente, non c'è nessuna legge per dire che puoi avere un solo problema alla volta. Considera questo esempio:



Inizia assomigliando molto al backlash in declinazione - ogni volta che il PHD2 ha invertito la direzione di guida, c'è stato un ritardo prima che la montata rispondesse e si muovesse effettivamente nella direzione corretta - e questo è backlash, nessun dubbio al riguardo. Ma notate che quando la montatura ha iniziato a muoversi nella giusta direzione, successivamente è rientrata al centro. Questa parte del comportamento non backlash, ma è probabilmente un ulteriore problema. Nelle fasi iniziali dell'inversione di direzione, gli ingranaggi di DEC stavano cambiando direzione e non erano completamente impegnati per tutto il tempo. Questa è la parte negativa del problema, in cui il motore di DEC era entrato in una zona morta. Ma una volta che gli ingranaggi si sono riattivati, la rotazione del motore non era

subito in grado di superare una forza resistiva nella trasmissione. Questa forza resistiva è spesso chiamata "stiction", una forma abbreviata di "attrito statico". A questo punto del processo di guida, il motore Dec continuava a girare nella direzione giusta, ma l'energia non veniva tradotta nella rotazione desiderata dell'intero asse Dec. Invece, causava altri tipi di deflessione o flessione nel treno degli ingranaggi che portava a un accumulo temporaneo di questa energia. Una volta superato l'attrito statico, l'energia immagazzinata nelle altre parti del gruppo di trasmissione è stata rilasciata e l'asse si è trasformato improvvisamente in un'azione a molla elastica.

Questa è stata la probabile fonte di sovracorrezione in questo esempio.

Ridurre il backlash il più possibile sarebbe il primo passo per risolvere questo problema. Oltre a ciò, potrebbe essere necessario considerare elementi come bilanciamento del carico, lubrificazione, elementi di fissaggio o qualsiasi altra cosa che possa aumentare l'attrito statico o l'elasticità meccanica sull'asse Dec. Di solito, questo è considerato nella progettazione e nella fabbricazione della montatura, quindi potrebbe non esserci molto che puoi fare al riguardo. Se non riesci a trovare una soluzione meccanica, potrebbe essere necessario utilizzare impostazioni di aggressività inferiori o addirittura guidare in una sola direzione di Dec.

Considerazioni sui dispositivi di ottica adattiva amatoriale

In generale, i dispositivi di ottica adattiva a livello amatoriale (AO) possono gestire solo alcuni dei problemi che creano una guida imperfetta. Gli AO di solito possono mascherare o almeno migliorare il comportamento di una montatura poco performante perché la maggior parte delle regolazioni di guida si ottiene spostando un piccolo specchio di oscillazione tip tilt - non 50 chili di ingranaggi del telescopio. In sostanza, raramente viene chiesto alla montatura di eseguire qualsiasi operazione oltre il monitoraggio di base. Problemi con il backlash, la stiction, il tracking siderale

imperfetto e il software di controllo della montatura sono in gran parte eliminati con l'uso di una AO. Inoltre, poiché un AO è intrinsecamente una guida fuori asse, elimina anche i problemi di flessione differenziale. Questi sono vantaggi significativi e spiegano perché molti imager seri usano gli AO.

Ciò che un AO non può eliminare è il movimento della stella guida dovuto al seeing, almeno non in condizioni normali. A meno che tu non riesca a trovare una stella guida insatura che produce un buon SNR con esposizioni di 1/20 o 1/50 di secondo o più veloce, continuerai a sottocampionare il seeing. Per la maggior parte degli utenti AO, queste meravigliose condizioni non si verificano praticamente mai.

Per il sottocampionamento dovuto al seeing, le misure della posizione della stella guida e le correzioni risultanti saranno intrinsecamente imprecise, proprio come sono con la guida normale (vedi appendice). Per questo motivo, gli utenti AO sono comunque invitati a utilizzare tempi di esposizione superiori a 1 secondo per evitare di rincorrere il seeing. Un po' ironicamente, molti utenti di dispositivi AO riferiscono di ottenere i migliori risultati quando hanno un seeing molto buono e / o una montatura meno performante. In entrambi i casi, le prestazioni della montatura sono il fattore limitante nel guidare e un AO può migliorarlo in modo sostanziale.

Analizzare i registri dalle sessioni con la AO, non è molto diverso da ciò che è stato descritto prima. Ovviamente, è possibile tollerare una maggiore frequenza di comandi di guida e un po' più di oscillazione o di sovracorrezione, perché non è coinvolta una vera e propria penalità hardware, ad esempio nessun backlash o stiction. Tuttavia, è necessario tenere sotto controllo l'eccessiva correzione dovuta

al seeing e probabilmente si dovrebbe provare a utilizzare uno degli algoritmi di guida basati sulla cronologia come l'isteresi su entrambi gli assi RA e Dec. Regolando le impostazioni di aggressività e isteresi, dovresti essere in grado di ottenere risultati ragionevoli.

Modificare i parametri della guida

Cercare di mettere a punto la guida modificando i parametri, richiede pazienza, qualcosa che molti di noi hanno solo in quantità molto limitate. Il problema è ciò che

abbiamo descritto in precedenza - la maggior parte (o la maggior parte) dei movimenti della stella guida è causata dal seeing, un processo fisico non proprio casuale su cui non possiamo fare nulla. Ecco un tipico processo di regolazione dei parametri che probabilmente abbiamo tentato tutti:

Notiamo che il grafico guida in tempo reale sembra piuttosto instabile. Non va.

Ipotizziamo che abbiamo bisogno di ridurre l'aggressività e forse aumentare il parametro di isteresi.

La guida migliora quasi immediatamente - voilà! Prendi nota di queste impostazioni, sono d'oro.

5 minuti dopo guardiamo di nuovo il grafico e ora sembra peggio - sembra che i comandi della guida stiano cadendo un po' indietro.

Reimpostiamo i parametri guida come erano originariamente.

Guiding migliora quasi immediatamente - che diamine !!!

Questo è per lo più solo un esercizio di inseguimento del comportamento quasi casuale perché le condizioni del seeing stanno cambiando. L'unico modo per dare un senso a queste cose è guardare intervalli di tempo molto più lunghi e regolare i parametri solo con piccoli incrementi. Anche in questo caso, è probabile che vedrete differenze maggiori riguardo al seeing su base oraria, notturna e stagionale. Nella mia esperienza, i problemi di guida della maggior parte delle persone hanno poco a che fare con i parametri guida di PHD2 e hanno molto a che fare con tutte le altre cose meccaniche e fisiche di cui abbiamo parlato. Non c'è niente di sbagliato nel provare diverse impostazioni della guida, ma dovrebbe essere fatto con una chiara comprensione di cosa fanno i parametri e di quale comportamento specifico stai cercando di cambiare. Vuoi davvero sviluppare un'ipotesi su quale sia il problema,

quindi effettuare una correzione che confermerà o smentirà il tuo pensiero. I cambiamenti grossolani,

qualcosa che vediamo troppo spesso, non sono mai una buona idea. Devi anche accettare che alcune notti hanno solo cattivo seeing e nessuna quantità di aggiustamenti ti porterà buoni risultati nella guida. A quel punto, probabilmente starai meglio tornare in casa a guardare una replica di Gilligan's Island.

Flessioni differenziali - "Il cane che non abbaia"

Se sei come la maggior parte delle persone - che hanno una vita, per esempio - probabilmente non stai cercando ragioni per analizzare i registri della guida. Invece, probabilmente, lo vorrete fare perché vedete problemi nelle vostre immagini, in genere stelle allungate. Quindi, un processo logico da seguire è quello di prendere nota del momento in cui è stata scattata l'immagine del problema e quindi osservare le prestazioni di guida in quella specifica finestra temporale. E potresti trovare cose come quelle che abbiamo discusso in questo documento o alcune varianti di esse - in altre parole, la prova evidente che i problemi di guida hanno causato l'immagine negativa. Se stai guidando attraverso il telescopio principale, questo di solito è il caso (OAG).

Ma se stai usando un telescopio guida separato, la tua attenta analisi del registro potrebbe rivelare nulla. La guida potrebbe essere molto buona o per lo meno completamente coerente per un lungo periodo di tempo, eppure vedrai stelle allungate nella tua immagine del cielo profondo. Questo di solito è un segno di flessione differenziale, e non è una scoperta piacevole.

Possiamo analizzare le basi meccaniche in breve: Qualsiasi tipo di telescopio si flette un po' mentre si muove in diverse parti del cielo - questo è solo gravità e fisica. E l'intero telescopio non si comporta come una singola unità, sarebbe troppo facile. Tutti i singoli componenti - i focheggiatori, i tubi di prolunga, le CCD, lo specchio - stanno andando a flettere e abbassarsi di quantità leggermente diverse a seconda della loro massa e della loro posizione. Se si utilizza un telescopio di grandi dimensioni, in particolare un SCT, la quantità di flessione può essere notevole, tenendo presente che la fotocamera di solito misura le cose con una precisione di 3-9 micron (un capello umano ha una larghezza massima di 15 micron). Ora pensa a cosa succede con un telescopio e una camera guida separati. Ovviamente, si

applica la stessa fisica, ma la quantità e la posizione della flessione saranno diverse da quelle del telescopio

principale. Questo è ciò che si intende con il termine "flessione differenziale". Quindi, se stai guidando attraverso un telescopio e riprendendo attraverso l'altro, il sistema guida non vedrà né correggerà esattamente lo stesso movimento che si presenta sul tele principale.

Se stai riprendendo a due metri di focale, sarai fortunato se riuscirai a fare lunghe esposizioni usando un telescopio di guida separato. Può succedere, alcune persone lo fanno, ma la maggior parte delle persone che ci provano non riescono.

E la minoranza di coloro che hanno successo è spesso solo fortunata o beneficia di errori che compensano misteriosamente. Questo è il motivo per cui la maggior parte degli imager utilizza una guida fuori asse per le lunghe focali. In questo modo, qualunque flessione sia presente nel telescopio principale, sarà visibile al sistema di guida e verranno apportate opportune correzioni. Questa è spesso una pillola amara da ingoiare perché la guida fuori asse comporta complicazioni e spese, ma spesso non c'è una buona alternativa. Molti imager negano tutto ciò e dicono "Ho tutto serrato, niente si muove, non può essere una flessione differenziale." Sì, può essere. Ogni singola interfaccia meccanica sul sistema - bloccata, filettata, ingranata, avvitata, qualsiasi cosa - ha alcune possibilità di movimento. E basta un movimento di pochi micron per creare un problema. La flessione potrebbe non essere nemmeno nel sistema di guida stesso, potrebbe far parte del sistema principale. Non esiste un modo semplice per sapere quale sistema ottico sta causando il problema, solo che i due gruppi si stanno flettendo di quantità diverse a velocità diverse.

Se sospetti di vedere gli effetti della flessione differenziale, puoi fare un semplice esperimento per confermarlo. Prendi una sequenza di esposizioni brevi guidate, come faresti normalmente.

Scegli un tempo di esposizione tale che le stelle in ciascun frame grezzo siano almeno accettabili. Ora fai lo stack di quelle immagini senza prima allinearle. È probabile che il risultato dello stack, mostri stelle molto allungate e la dimensione dell'elongazione ti indicherà l'entità della flessione differenziale. A volte, i centri stellari si spostano di quantità approssimativamente uguali da un fotogramma all'altro, qualcosa che puoi vedere rapidamente "lampeggiando" attraverso i fotogrammi grezzi. Vale la pena fare questo test perché le stelle allungate possono essere causate da altre circostanze. Anche problemi ottici come la scarsa collimazione, le correnti del tubo o altri tipi di sorgenti di calore vicino al telescopio, possono provocare stelle allungate.

Queste si presenteranno più spesso su esposizioni brevi, quindi è bene confermare la diagnosi di flessione differenziale prima di analizzare tutti i serraggi meccanici.

Per concludere questo argomento, se si utilizza un tele guida separato, ci sarà una certa quantità di flessione differenziale, punto. Se sei fortunato, potrebbe non essere visualizzato con i tempi di esposizione che si utilizzano. Questo è anche abbastanza probabile se si eseguono riprese a lunghezze focali relativamente corte (ad esempio al di sotto di 1500 mm). Oppure potresti essere in grado di stringere e aggiustare le cose in modo che la flessione differenziale sia essenzialmente invisibile nelle tue immagini. Ma è ancora lì, in agguato sullo sfondo - la gravità e la fisica cospirano contro di te.

Conclusione

Speriamo che questo tutorial ti aiuti a comprendere meglio i risultati sulla guida che stai ottenendo e forse alcuni suggerimenti su come migliorarli. Anche se hai difficoltà a capire un problema, puoi fare domande più informative sul forum di supporto ed essere in grado di valutare le risposte che ottieni.

Se hai commenti o suggerimenti per migliorare il tutorial, per favore pubblica un messaggio sul forum Open-PHD-Guiding o inviami un messaggio a bw_msg01@earthlink.net

- Bruce Waddington

bw_msg01@earthlink.net

V 1.0 dicembre 2015

V 1.1 January 2016

A cura di Roberto Coleschi, grazie a tutti coloro che ho citato come fonti nel presente documento.

